



## TESIS DE MAGISTER EN INGENIERÍA DEL SOFTWARE

### **Identificación automática de tubos de acero**

Autor: Lic. Pablo Behrend

Director: Dr. Ramón García Martínez

Codirectora: M. Ing. Alejandra Ochoa

Buenos Aires, 2006

A Masza Kupiec y Lothar (Buby) Behrend,  
la base sobre la cual me levanto,  
la referencia en mi camino.  
Con amor y gratitud,  
a mis padres.

## Resumen

En este trabajo se presenta una solución al problema de la identificación automática de tubos de acero basada en el análisis de la fotografía de una marca alfanumérica fresada en su superficie.

El proceso propuesto incluye el acondicionamiento de la imagen conteniendo la marca de forma tal de hacer posible la separación automática de los caracteres que la componen y su posterior identificación. Con este fin en un primer paso se analizan las características de la imagen y se determina el tipo de procesamiento a aplicar.

Para lograr este objetivo se desarrolla una herramienta de análisis y prueba con el fin de dar soporte a la búsqueda y definición de los algoritmos de procesamiento de imágenes necesarios y un módulo de identificación automática que implementa los resultados encontrados. Ambos desarrollos se realizan siguiendo la metodología Métrica Versión 3.

## Abstract

A solution to the steel pipes automatic identification problem is presented, based on the analysis of an alphanumeric code milled width in the pipe surface photograph.

The proposed algorithm includes the mark image preprocessing allowing individual characters disjointing and its subsequent identification. To achieve this goal, the image properties are first analyzed so a suitable conditioning process can be chosen.

A software tool is developed in order to assist the research work involved. The processing algorithm thus obtained is provided by means of an automatic identification software module. Both system development processes are carried out on a Métrica Version 3 methodology basis.

# Índice

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 - CONSIDERACIONES PRELIMINARES .....	1
1.2 - DESCRIPCIÓN DE LA COMPOSICIÓN DEL TRABAJO DE TESIS.....	2
<b>CAPÍTULO 2 - ESTADO DE LA CUESTIÓN .....</b>	<b>4</b>
2.1 - PROCESAMIENTO DE IMÁGENES .....	4
2.1.1 - <i>Introducción</i> .....	4
2.1.2 - <i>Operaciones lógicas</i> .....	5
2.1.3 - <i>Convolución matricial</i> .....	6
2.1.4 - <i>Operadores morfológicos</i> .....	6
2.1.5 - <i>Detección de bordes</i> .....	7
2.1.6 - <i>Histograma</i> .....	12
2.1.7 - <i>Proyección Vertical y Horizontal</i> .....	12
2.2 - REDES NEURONALES .....	12
<b>CAPÍTULO 3 - DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
3.1 - INTRODUCCIÓN.....	17
3.2 - FABRICACIÓN DE ACERO.....	17
3.3 - LAMINACIÓN DE BARRAS DE ACERO .....	19
3.4 - TERMINACIÓN DEL TUBO .....	20
3.5 - IDENTIFICACIÓN DEL TUBO.....	22
<b>CAPÍTULO 4 - SOLUCIÓN PROPUESTA.....</b>	<b>24</b>
4.1 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	24
4.1.1 - <i>Identificación de tubos de acero – Introducción</i> .....	24
4.1.2 - <i>Método de identificación</i> .....	24
4.1.3 - <i>Características de las imágenes a estudiar</i> .....	25
4.1.4 - <i>Esquema de procesamiento</i> .....	26
Identificación de la zona de interés.....	26
Análisis del histograma .....	27
Análisis espectral .....	29
Procesamiento de señales con buena relación señal ruido.....	31
Procesamiento de señales con relación señal ruido pobre.....	33
Procesamiento de señales con alto nivel de ruido.....	35
Ejemplos de aplicación del procesamiento propuesto. ....	38
4.1.5 - <i>Segmentación de caracteres</i> .....	39
Característica del texto .....	39
Segmentación del texto .....	39
4.1.6 - <i>Reconocimiento de caracteres</i> .....	42
4.1.7 - <i>Conclusión - Procedimiento de identificación</i> .....	42
4.1.8 - <i>Métricas de calidad de la identificación</i> .....	44
Confianza en la identificación .....	44

Discriminación en la identificación .....	44
4.1.9 - Validación del procesamiento propuesto.....	45
Acondicionamiento y segmentación de la imagen .....	45
Clasificación de caracteres .....	46
Procesamiento de marcas .....	47
4.2 - DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN.....	48
4.2.1 - Procesos Principales.....	48
Planificación del Sistemas de Información.....	48
Estudio de viabilidad del sistema.....	74
Análisis de sistemas de información .....	96
Diseño de Sistemas de Información .....	148
Construcción del Sistema de Información.....	160
Implantación y Aceptación del Sistema .....	182
Mantenimiento de Sistemas de Información .....	194
4.2.2 - Interfaces .....	195
Gestión del proyecto .....	195
Gestión de configuración .....	218
Gestión de calidad .....	239
Seguridad .....	263
<b>CAPÍTULO 5 - ESTUDIO DE CASOS .....</b>	<b>264</b>
5.1 - CASO 1. PROCESAMIENTO DE UNA MARCA SOBRE SUPERFICIE TORNEADA .....	264
5.2 - CASO 2. ENTRENAMIENTO DE UNA RED NEURONAL .....	271
5.3 - CASO 3. IDENTIFICACIÓN DE CARACTERES INDIVIDUALES.....	275
5.4 - CASO 4. IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA DE MARCAS .....	277
<b>CAPÍTULO 6 - CONCLUSIONES .....</b>	<b>280</b>
6.1 - CONCLUSIONES GENERALES.....	280
6.2 - FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	282
6.2.1 - Propuestas de desarrollo de software .....	282
6.2.2 - Propuestas de investigación algorítmica .....	282
<b>CAPÍTULO 7 - BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>283</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>286</b>
ANEXO A: CASOS DE PRUEBA .....	286
ANEXO B: IMÁGENES PARA ENTRENAMIENTO DE LA RED NEURONAL .....	289
ANEXO C: INTERFAZ MÓDULO DE DETECCIÓN AUTOMÁTICA .....	290
ANEXO D: STAFFING SIZE .....	291
Número medio de personas por día y por clase.....	291
Factores importantes .....	291
Umbrales .....	292
Sugerencias.....	292
Métricas relacionadas .....	292
Número de clases clave .....	292
Consideraciones .....	293
Factores importantes .....	293

Umbrales .....	293
Sugerencias.....	293
Métricas relacionadas .....	293
<i>Número de clases secundarias .....</i>	<i>294</i>
Factores importantes .....	294
Umbrales .....	294
Sugerencias.....	294
Métricas relacionadas .....	295
<i>Promedio de clases secundarias por clase clave.....</i>	<i>295</i>
Factores importantes .....	295
Umbrales .....	295
Sugerencias.....	295
ANEXO E: ACRÓNIMOS.....	296

## Capítulo 1 - INTRODUCCIÓN

En esta capítulo se incluyen consideraciones preliminares sobre la problemática a tratar (Sección 1.1) y una descripción de la composición del trabajo de tesis (Sección 1.2)

### 1.1 - Consideraciones preliminares

La fabricación de tubos de acero se encuentra altamente tecnificada [Flash 2001, Flash 2002a, Flash 2005a, Flash 2005b, Tenaris News, Robotic Pipe and Tube Handling System, Tube and Pipe production issues] y tanto la elaboración, control de calidad como el despacho de los mismos se realiza en gran medida en forma automática [Process automation and control, Robotic Pipe and Tube Handling System, Timken Innovation]. Es de uso corriente en la industria siderúrgica la utilización de redes de PLCs\* para controlar motores y dispositivos mecánicos con el objetivo de manipular los tubos (con pesos en el orden de la tonelada) sin intervención humana.

Los tubos de acero son sometidos durante su fabricación a un gran número de transformaciones y tratamientos [Tenaris Production Process] como roscado, cortado y trefilado, además de diversos controles de calidad que incluyen medición del flujo de campo disperso [Foerstergroup, Non Destructive Testing Equipment], determinación del grado del acero [Foerstergroup, Non Destructive Testing Equipment] e inspecciones por ultrasonido [Unicorn Seamless Pipe Testing, RdTech - Non Destructive Testing Solutions].

Las empresas encargadas de la perforación y construcción de pozos petroleros que utilizan estos tubos de acero exigen una gran cantidad de información sobre los tubos que adquieren. Esta información incluye datos sobre el proceso de fabricación del acero y del tubo mismo, sus características físicas así como también los resultados del proceso de control de calidad a que es sometido.

En este contexto, resulta necesario y es de gran interés la identificación individual de cada uno de los tubos elaborados [Flash 2001, Flash 2002b, Flash 2003, Flash 2004] ya que de esta forma es posible realizar un seguimiento de los mismos a través de toda la su vida útil, desde su fabricación hasta su baja.

Las posibles técnicas de identificación pueden clasificarse según modifiquen al tubo en sí (fresado, grabado, etc.) o le adosen algún tipo de marca externa (pintado, pegado de tarjetas, tags electromagnéticos, etc.)

---

\* PLC: Programmable logic controller. Es un dispositivo electrónico utilizado en automatización industrial para controlar la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales. Disponen de entradas y salidas analógicas y / o digitales y puede programarse para ejecutar de forma robusta una lógica que transforma las entradas en las salidas.

Esta identificación es extremadamente compleja, dado que por un lado debe realizarse en la medida de lo posible en forma automática (a veces con el tubo en movimiento) y tanto el proceso de terminación, como las condiciones de almacenamiento someten a la marcación a un desgaste y corrosión que pueden degradar las identificaciones utilizadas.

En este marco el objetivo de esta tesis se incluye en un proyecto de marcación e identificación de tubos. Las marcas se realizan fresando un código alfanumérico en la superficie de los mismos y su identificación se lleva adelante tomando una fotografía del mismo e interpretando la marca que contiene.

El objetivo de esta tesis es desarrollar un sistema que permita interpretar dicha fotografía de la marcación realizada en los tubos para, por un lado, efectuar un control de calidad del proceso de fresado y por el otro posibilitar la identificación automática de los tubos así marcados.

Con este propósito se partirá de la fotografía de la marca del tubo a identificar quedando fuera del alcance de este trabajo tanto el desarrollo del sistema de marcación como la obtención de dicha imagen.

La solución propuesta para este problema consta de tres etapas principales:

1. La primera involucra la identificación en la fotografía de la zona de interés conteniendo la marca y su posterior acondicionamiento [Image Processing Fundamentals].
2. La segunda consiste en la segmentación (separación) [Pal N.R. & Pal S.K.,1993, Image Processing Fundamentals] de la fotografía en sendas imágenes conteniendo un carácter cada una.
3. La tercer y última etapa consiste en el reconocimiento de los caracteres en sí, proceso que se resolverá utilizando un sistema basado en redes neuronales [Bishop C. 1995, Ripley B. 1996, Haykin Simon, 1998, Michalski R y Kodratoff Y. 1990].

## **1.2 - Descripción de la Composición del Trabajo de Tesis**

En el capítulo 1 se introducen los temas tratados en esta tesis, describiéndose brevemente su objetivo y composición.

En el capítulo 2 se describen los fundamentos teóricos relevantes incluyendo el procesamiento digital de imágenes y la clasificación utilizando redes neuronales.

En el capítulo 3 se describe la motivación y el contexto en el que se enmarca el problema. Se expone tanto el proceso de fabricación de los tubos como el del acero mismo, mostrando las características más relevantes del proceso. Finalmente se fundamenta la necesidad de la identificación individual de los tubos de acero fabricados.

En el capítulo 4 se describe la solución propuesta al problema estudiado así como también su implementación según se detalla a continuación.

En el capítulo 4.1 se describen y justifican los resultados del estudio realizado para determinar el procesamiento matemático que define el acondicionamiento de las imágenes con las marcas previo a su segmentación y clasificación.

En el capítulo 4.2 se incluye la documentación resultante del proceso de desarrollo de la solución utilizando como metodología Métrica Versión 3. Este capítulo se encuentra dividido en dos secciones:

- La sección 4.2.1 documenta los procesos principales según los establece Métrica Versión 3. La organización de este capítulo sigue a la de las actividades, fases y tareas definidas por la metodología. Por este motivo los documentos generados se encuentran fraccionados, incluyéndose en cada tarea para sus documentos de salida, la sección escrita durante la ejecución de la misma.
- La sección 4.4.2 documenta las interfaces principales según lo establecido por Métrica Versión 3. La organización de este capítulo sigue los mismos lineamientos descriptos para la sección 4.2.1

En el capítulo 5 se describen varios casos de uso en los que se ejemplifica el uso de la solución construida.

En el capítulo 6 se exponen las conclusiones a las que se ha arribado en este trabajo y se proponen futuras líneas de investigación.

En el capítulo 7 se muestra la bibliografía referenciada en este trabajo de tesis.

En el capítulo Anexos se incluyen los casos de prueba utilizados (Anexo A), las imágenes utilizadas para entrenar la red neuronal (Anexo B), la definición de la interfaz COM para el módulo de detección automática (Anexo C), la técnica de estimación Staffing Size (Anexo D) y los acrónimos utilizados (Anexo E).

## Capítulo 2 - ESTADO DE LA CUESTIÓN

En este capítulo se describe el estado actual de la cuestión, el procesamiento digital de imágenes (Sección 2.1) y los fundamentos teóricos de las redes neuronales (Sección 2.2).

La solución propuesta en este trabajo se basa en la interpretación del código alfanumérico contenido en la fotografía de una marca fresada en un tubo.

Esta tarea involucra un proceso de dos fases:

1. Identificación del algoritmo que permita leer el código en una imagen.
2. Construcción de una solución que implemente dicho procesamiento.

La primer fase de investigación requiere del desarrollo de una herramienta que de soporte a dicha tarea, permitiendo realizar pruebas de procesamiento de imágenes y clasificación de caracteres.

Para poder avanzar en estos tópicos es necesario tener en cuenta los elementos conceptuales y técnicas relacionados con el procesamiento digital de imágenes y clasificación utilizando redes neuronales que se exponen a continuación en este capítulo.

### 2.1 - Procesamiento de imágenes

En esta sección se definen los fundamentos y técnicas de procesamiento de imágenes [Image Processing Fundamentals] utilizadas en este trabajo de tesis, se describen los operadores lógicos y morfológicos, el filtrado por convolución, los algoritmos de detección de bordes, el histograma de luminancia y los métodos de obtención de proyecciones de una imagen sobre ejes cartesianos.

#### 2.1.1 - Introducción

Las imágenes crudas obtenidas fotografiando las marcas en los tubos no pueden ser utilizadas directamente para reconocer los caracteres que contienen como consecuencia del alto nivel de ruido y la variabilidad que presentan.

Se hace necesario, por lo tanto, desarrollar una transformación que permita eliminar parte del ruido y llevar las imágenes a una presentación estándar como paso previo a la separación de caracteres (segmentación) y su ulterior reconocimiento (clasificación).

Para definir formalmente esta transformación se representará una imagen  $I$  (Figura 2.1) como una matriz de puntos. El valor de un punto en la matriz indica el color de la misma en la posición representada por el punto en cuestión, en este trabajo, un tono de grises caracterizado por un número entero con un rango que va del 0 para

el negro al 255 para el blanco. El objetivo del procesamiento consiste en obtener una imagen binaria con puntos blancos dentro de los caracteres y negros fuera.

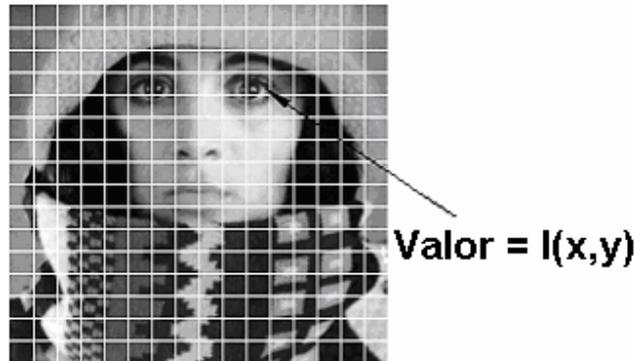


Figura 2.1

Imagen como matriz de puntos

La transformación a aplicar se implementa en este trabajo, como la composición de operaciones matemáticas. Estas transformaciones  $T$  son operaciones definidas sobre una imagen cuyo resultado es una nueva imagen modificada.

$$I_m = T(I)$$

Las técnicas de procesamiento de imágenes disponibles (transformaciones aplicadas sobre las mismas) abarcan un amplio espectro de posibilidades. A continuación se describen algunas de las más importantes.

### 2.1.2 - Operaciones lógicas

Las operaciones lógicas entre imágenes se definen punto a punto sobre los elementos de cada matriz. Las operaciones fundamentales que permiten construcciones más complejas por composición incluyen los operadores lógicos NOT, OR, AND, XOR, SUB. Como ejemplo se muestra en la Figura 2.2 la operación XOR.



Figura 2.2

Efecto de la operación XOR

### 2.1.3 - Convolución matricial

Revisten particular importancia las técnicas de filtrado, que se obtienen mediante la convolución entre la imagen  $a$  y un filtro  $h$ .

$$c[m, n] = a[m, n] \otimes h[m, n] = \sum_{j=0}^{J-1} \sum_{k=0}^{K-1} h[j, k] a[m-j, n-k]$$

Esta operación puede verse en el dominio de las frecuencias (el de las transformadas de Fourier de las imágenes) como la multiplicación de los espectros respectivos.

Existe una gran variedad de transformaciones que pueden modelarse de esta forma como por ejemplo los filtros suavizadores (pasa-bajos), estos eliminan las altas frecuencias en la imagen, un ejemplo lo constituyen los filtros Gaussianos.

$$h(x, y) = g_{2D}(x, y) = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\left(\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)} \right) \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\left(\frac{y^2}{2\sigma^2}\right)} \right) \\ = g_{1D}(x) \cdot g_{1D}(y)$$

En la figura Figura 2.3 se observa el efecto de este tipo de filtrado, que produce una pérdida de definición, ya que atenúa los cambios abruptos (bordes) en la imagen.

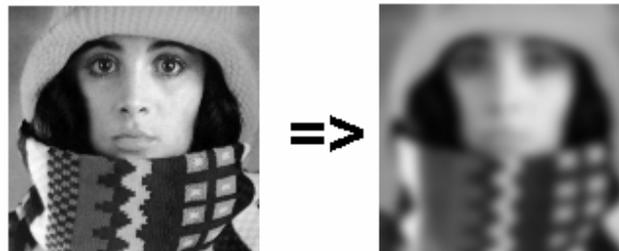


Figura 2.3

Resultado de la aplicación de un filtro Gaussiano

### 2.1.4 - Operadores morfológicos

Los operadores morfológicos tratan a las imágenes (sus matrices) como conjuntos de puntos y se definen como composición de las operaciones fundamentales entre conjuntos: unión, intersección, complemento al que se agrega el operador de traslación. Para esto se definen los puntos que forman un objeto en la imagen como el conjunto de aquellos que tienen una dada propiedad (color negro por ejemplo) y el fondo de la imagen como su complemento. Sean  $x$ ,  $\alpha$  y  $\beta$  puntos de la matriz que representa la imagen, se define

Objeto  $A = \{ \alpha / \text{propiedad } (\alpha) = \text{Verdadero} \}$

Fondo de A =  $A^c = \{ \alpha / \alpha \notin A \}$

Translación de A,  $A + x = \{ \alpha + x, \alpha \in A \}$

Entre los operadores morfológicos más importantes se encuentran la dilatación y erosión de una imagen que se definen en base a la suma y resta de Minkowsky.

$$\text{Suma de Minkowsky } A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta)$$

$$\text{Resta de Minkowsky } A \ominus B = \bigcap_{\beta \in B} (A + \beta)$$

$$\text{Dilatación } D(A, B) = A \oplus B = \bigcup_{\beta \in B} (A + \beta)$$

$$\text{Erosión } E(A, B) = A \ominus (-B) = \bigcap_{\beta \in B} (A - \beta)$$

En la figura Figura 2.4 se muestra el efecto de la dilatación y la erosión.



Figura 2.4

Resultado de la erosión (izquierda) y dilatación (derecha)

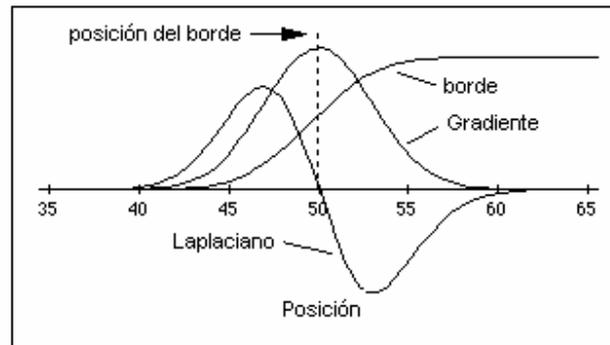
A partir de los operadores de erosión y dilatación se construyen así mismo los operadores de apertura y cierre de las imágenes A y B:

$$\text{Apertura } O(A, B) = A \circ B = D(E(A, B), B)$$

$$\text{Cierre } C(A, B) = A \bullet B = E(D(A, -B), -B)$$

### 2.1.5 - Detección de bordes

Un borde en una imagen puede definirse como un salto abrupto entre valores adyacentes en la matriz que la representa. En el caso extremo se presentará un salto tipo escalón entre puntos vecinos. Esta variación implica por lo tanto máximos locales en la derivada primera (gradiente) de la imagen y ceros en la derivada segunda (Laplaciano) como se muestra en la Figura 2.5



**Figura 2.5**

Gradiente y Laplaciano de un imagen en la proximidad de un borde

Dado el carácter bidimensional de la matriz de puntos se utiliza el módulo del gradiente para asociar a cada punto un valor proporcional a la variación en la luminancia que se produce en el mismo

$$\nabla a = \frac{\partial a}{\partial x} \vec{i}_x + \frac{\partial a}{\partial y} \vec{i}_y$$

Existen diversas aproximaciones al problema de detección de bordes buscando máximos en el módulo del gradiente, algunos como los debido a Soebel y Prewitt [Gonzalez R. & Woods R. 2002] aproximan este cómputo por la convolución con una matriz de 3x3

La figura Figura 2.6 muestra la imagen filtrada usando el operador de Soebel.



**Figura 2.6**

Resultado de la detección de bordes usando operador de Soebel

Otra técnica para resaltar bordes utiliza el hecho que en los mismos se anula la derivada segunda (ver Figura 2.5 ). Para tener en cuenta el carácter bidimensional de las imágenes se buscan ceros en su Laplaciano

$$\nabla^2 a = \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 a}{\partial y^2}$$



Figura 2.7

Resultado de la aplicación del operador Laplaciano

La figura Figura 2.7 muestra el resultado de la aplicación de este filtro utilizando una representación aproximada dada por la matriz

$$[\mathbf{h}] = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Para tener en cuenta las distintas orientaciones posibles de los bordes, puede utilizarse la derivada segunda en la dirección del gradiente. Para esto calculando

$$\begin{aligned} A_{xx} &= \frac{\partial^2 a}{\partial x^2} & A_{yy} &= \frac{\partial^2 a}{\partial y^2} & A_x &= \frac{\partial a}{\partial x} \\ A_{yx} &= \frac{\partial^2 a}{\partial x \partial y} & A_y &= \frac{\partial a}{\partial y} \end{aligned}$$

y teniendo en cuenta que  $A_{xy} = A_{yx}$

La segunda derivada en la dirección del gradiente se puede calcular como

$$SDGD(a) = \frac{A_{xx}A_x^2 + 2A_{xy}A_xA_y + A_{yy}A_y^2}{A_x^2 + A_y^2}$$

La utilización del Laplaciano como filtro para detectar bordes es una técnica muy sensible al ruido. Marr y Hildreth [Marr & Ellen Hildreth, 1980] desarrollaron un procesamiento basado en eliminar el ruido de alta frecuencia utilizando un filtro de tipo Gaussiano antes de calcular el Laplaciano y los ceros de este para encontrar los bordes de la imagen. La figura Figura 2.8 muestra un ejemplo de los resultados obtenidos con este tipo de procesamiento sobre una imagen a la que se ha agregado ruido.



**Figura 2.8**

Detección de bordes utilizando el procesamiento de Marr & Hildreth

Canny [Canny J. 1996] analizó los requerimientos sobre el filtro a aplicar previo a la búsqueda de bordes y encontró que:

- El filtro debe ser lo más angosto posible en el dominio de las frecuencias para proveer supresión de ruido de alta frecuencia.
- El filtro debe ser lo más angosto posible en el dominio espacial para proveer la mejor localización posible de la posición del borde.
- El filtro que provee ambas condiciones, mínimo ancho de banda y máxima resolución espacial es el Gaussiano con el parámetros de dispersión  $\sigma$  apropiado.

Con esto en consideración la búsqueda de bordes utilizando los ceros del Laplaciano filtrado, los cruces por cero  $a(x,y)$  pueden expresarse como

$$\{a(x,y)\} = \{(x,y) | \nabla^2 \{g_{2D}(x,y) \otimes a(x,y)\} = 0\}$$

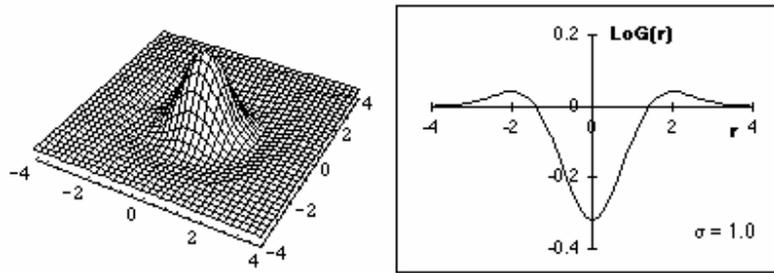
Dado que el operador de derivación es lineal e invariante frente a traslaciones el orden de los operadores puede alterarse obteniéndose la expresión de Marr – Hildreth [Marr & Ellen Hildreth, 1980] para los cruces por cero  $a(x,y)$

$$\{a(x,y)\} = \{(x,y) | LoG(x,y) \otimes a(x,y) = 0\}$$

donde

$$LoG(r) = \left( \frac{r^2 - 2\sigma^2}{2\pi\sigma^6} \right) e^{-(r^2/2\sigma^2)}$$

es el núcleo del filtro llamado sombrero mejicano, ilustrado en la Figura 2.9



**Figura 2.9**

Respuesta impulsiva del filtro sombrero mejicano

Canny [Canny J. 1996] propuso resolver el problema de encontrar un operador que identificase los bordes en una imagen como un problema de optimización de una función objetivo.

Las restricciones definidas para encontrar la función objetivo son:

- ☒ Maximizar la relación señal / ruido para alcanzar una detección adecuada.
- ☒ Obtener una localización óptima en el dominio espacial para identificar en forma precisa los bordes.
- ☒ Minimizar el número de respuestas a un solo borde (evitar falsos positivos en las búsqueda).

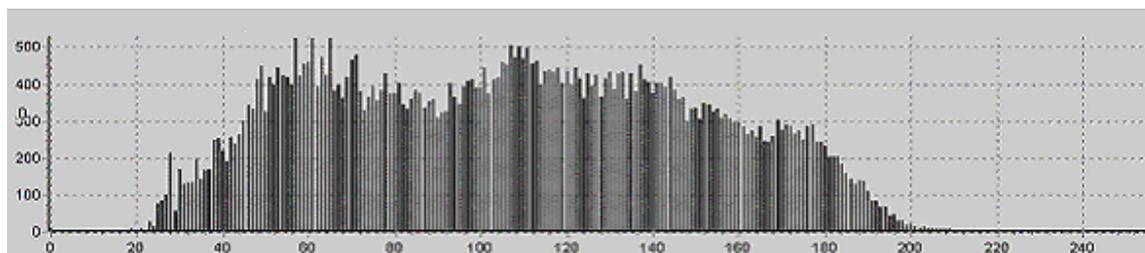
La solución a este problema consiste en la suma de 4 términos exponenciales que puede aproximarse adecuadamente por la derivada primera de la función Gaussiana.

El proceso de detección definido por Canny [Canny J. 1996] se esquematiza a continuación.

- ☒ Se busca el máximo de la derivada parcial de la imagen en la dirección ortogonal a la dirección del borde (la del gradiente)
- ☒ Se suprimen los de valores no máximos, es decir poner en cero los valores que no son un máximo local.
- ☒ Se forman listas con los puntos conectados entre sí de entre los bordes detectados.
- ☒ Se eliminan los falsos bordes usando un proceso iterativo de validación contra umbrales. En este proceso se utilizan dos umbrales, un típicamente tres veces mayor que el otro. Cualquier punto en una lista cuyo gradiente supera el umbral mayor es considerado un borde válido así como también todos los puntos conectados con este cuyo gradiente es mayor que el umbral menor.

### 2.1.6 - Histograma

Se define como histograma de una imagen a la función cuyo dominio es el conjunto de los posibles valores utilizados para representar los colores (0-255 en este trabajo) y que indica para cada color la cantidad de puntos presentes en la imagen. Un histograma típico es el mostrado en la Figura 2.10.



**Figura 2.10**

Histograma típico de una imagen

### 2.1.7 - Proyección Vertical y Horizontal

Se define como proyección sobre el eje horizontal (**X**) de imagen **I** a la función

$$P^X(x) = \sum_y I(x,y)$$

De la misma forma la proyección sobre el eje vertical se define como

$$P^Y(y) = \sum_x I(x,y)$$

## 2.2 - Redes Neuronales

En este capítulo se proporcionan los fundamentos teóricos requeridos para la aplicación de redes neuronales a problemas de clasificación.

Las redes neuronales artificiales [Michalski R y Kodratoff Y. 1990] son un formalismo matemático inspirado en el funcionamiento de las células del sistema nervioso de los animales, fundamentalmente las neuronas. Esquemáticamente una neurona puede representarse como se muestra en la Figura 2.11.

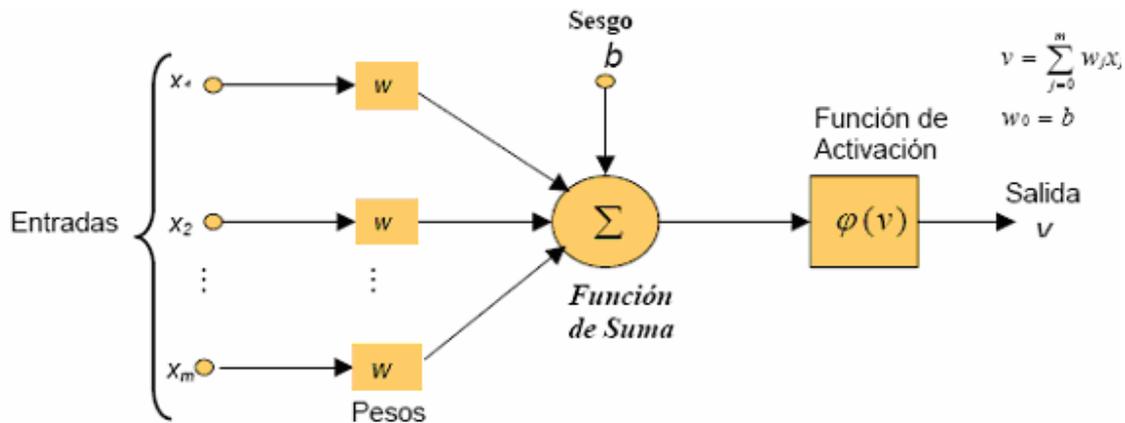


Figura 2.11

Esquema de una neurona

$X_1, X_2 \dots X_N$  representan los estímulos o entradas a la neurona. Estas entradas pueden provenir de otras neuronas de la red o bien pueden ser estímulos externos a la misma. Cada entrada es pesada por un factor  $W_i$  que modela la intensidad que la interacción a través de ese canal tiene asociada.

La suma de pesada de estos estímulos representa la entrada o estímulo total que recibe la neurona en cuestión según se representa en la siguiente ecuación

$$S = \sum_{i=1}^n x_i w_i$$

Donde  $X_i$  representa un estímulo,  $W_i$  el peso asociado con el canal de entrada  $i$  y  $S$  el estímulo resultante que recibe la neurona.

La respuesta de la neurona a un estímulo es no lineal. Su comportamiento se modela a través de un umbral de activación que de ser alcanzado por la magnitud del estímulo (excitación) activa la salida de la neurona, caso contrario esto no ocurre y se detiene la propagación del estímulo en la red.

Existen numerosas formas de modelar este comportamiento, uno de los más usados lo constituye la función Sigmoidea

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}}$$

cuya gráfica se muestra en la Figura 2.12 para  $\alpha = 2.5$

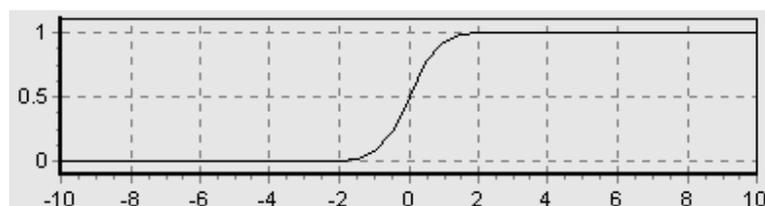


Figura 2.12

## Función Sigmoidea

Según el parámetro  $\alpha$  tiende a infinito esta función tiende a la función escalón (permaneciendo siempre derivable). Es decir que la respuesta de la neurona a la suma de las excitaciones  $\mathbf{S}$  que recibe será el resultado de calcular su función de activación  $f$  (la función sigmoidea por ejemplo) sobre la excitación resultante  $\mathbf{S}$ .

Una red neuronal se construye, mediante capas de neuronas en las que la salida de unas constituye el estímulo de otras y los pesos  $\mathbf{W}$  miden la magnitud de la interacción o el grado de conexión entre las mismas.

Las neuronas se agrupan en capas, definiéndose una capa de entrada, en la que los estímulos provienen del exterior, una capa de salida en la que se obtiene la respuesta de la red y un número variable de capas intermedias en las que el tipo de conectividad permitida es variable. Esta conectividad, dada fundamentalmente por los valores de los pesos  $\mathbf{W}$ , define la topología de la red.

Las redes neuronales presentan dos tipos de dinámicas.

- A. Evolución de los pesos de la red
- B. Evolución de la respuesta de la red a un estímulo externo.

La perspectiva A implica analizar la evolución de la red permitiendo la evolución de los pesos  $\mathbf{W}$  asociados a las conexiones entre neuronas.

En rigor una red neuronal está definida en gran medida por la matriz de pesos  $\mathbf{W}_{ij}$  que modela la interacción entre la neurona  $i$  y la  $j$ . La dinámica de esta matriz  $\mathbf{W}_{ij}$  es lo que se conoce como aprendizaje de la red, dado que es en ella donde la red neuronal guarda su información (es esta matriz lo que define la respuesta de la red a un estímulo dado).

Se han definido una gran variedad de procesos de aprendizaje y una clasificación que resulta significativa puede realizarse teniendo en cuenta si el aprendizaje es online o batch, es decir, si el aprendizaje se produce mientras la red se encuentra "funcionando" como tal o si es necesario establecer un proceso de aprendizaje separado en donde el sistema está dedicado exclusivamente a aprender.

Otro punto de vista que permite clasificar el aprendizaje se basa en si este es supervisado o no. El aprendizaje supervisado implica la provisión de datos de entrada así como también la salida esperada para los mismo. El aprendizaje entonces radica en adaptar los pesos de las conexiones según algún criterio

prefijado de forma tal de reducir el error observado al predecir los casos de entrenamiento.

En el caso del aprendizaje no supervisado el sistema debe encontrar por si mismo la representación adecuada para los datos que se le presentan. En general este tipo de aprendizaje se usa en redes que deben clasificar los estímulos en un conjunto de categorías y el sistema evoluciona de forma tal de encontrar las similitudes y diferencias que hay en los datos de entrada.

Otra clasificación posible se basa en la definición de que pesos serán actualizados en cada ciclo. Cuando el aprendizaje es competitivo existe un mecanismo que permite identificar las neuronas cuyos pesos se actualizarán, cuando el aprendizaje es cooperativo todos los pesos se actualizan.

La perspectiva B implica analizar la evolución temporal (o con el número de ciclos) del estado de activación de las neuronas de la red. Desde este punto de vista un estímulo exterior genera un paso en el que cada neurona procesa su entrada generando a su vez la salida correspondiente. Este proceso se repite cíclicamente hasta que no se aprecian cambios significativos en los estados de las neuronas y por lo tanto la red se ha estabilizado alcanzando su respuesta al estímulo exterior recibido.

Las redes neuronales pueden clasificarse también según su topología. Esto involucra el número de capas y el tipo de conexión entre neuronas. Las redes que tienen una sola capa (redes monocapa) tienen conexiones laterales entre las neuronas, estas conexiones pueden incluso ser auto recurrentes.

Las redes con más de una capa pueden admitir conexiones solo adelante (son llamadas feedforward, en ellas, las neuronas de una capa toman estímulos de las de la capa anterior y activan con su respuesta las de la capa siguiente), o sino pueden admitir tanto conexiones laterales, hacia adelante, auto recurrentes como hacia atrás (son llamadas feedforward /feedback, en ellas las neuronas de una capa activan con su respuesta las de la misma capa o las de una capa anterior o siguiente).

Se han analizado un gran número de tipos de redes (en cuanto a su topología y aprendizaje). Entre ellas se encuentran las Hopfield [Hopfield, J. 1982], Kohonen [Kohonen T, 2001] y "Back Propagation" [Michalski R y Kodratoff Y. 1990], la que se describe esquemáticamente a continuación ya que ha demostrado ser de gran utilidad en el reconocimiento de caracteres.

Los términos Back Propagation refieren a un proceso de aprendizaje supervisado en el cual la matriz de pesos de conexiones entre neuronas se actualiza mediante un mecanismo de corrección de error llamado delta generalizada. En este algoritmo las neuronas de salida son actualizadas en función de la distancia entre el valor predicho y el real provisto para el caso de entrenamiento, mientras que los pesos de las neuronas de las demás capas son actualizados en función de su

contribución al error en la capa siguiente. El algoritmo comienza calculando los errores en la última capa y a continuación propaga hacia atrás este error.

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \alpha * \delta_{pj} * y_{pi}$$

Donde para las neuronas de salida

$$\delta_{pj} = (d_{pj} - y_{pj}) * f(\sum W_{ji} * x_i - \Theta)$$

y para las neuronas ocultas

$$\delta_{pj} = (\sum \delta_{pk} * W_{kj} * f(\sum W_{ji} * x_i - \Theta))$$

donde **p** refiere a un caso de entrenamiento particular y la suma sobre **k** es sobre las neuronas de salida conectadas a la neurona **j**.

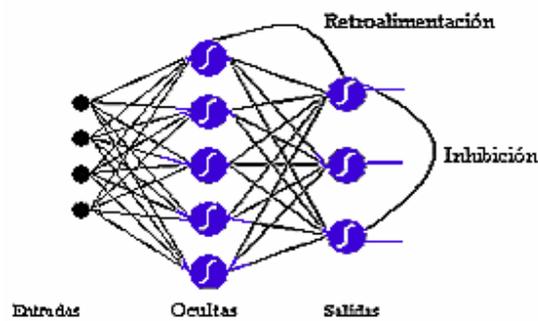


Figura 2.13

Capas de una red neuronal

Evidentemente esta estructura requiere una topología multicapa y un aprendizaje supervisado, la estructura de las conexiones es feedforward ya que no se admiten conexiones laterales ni feedback.

## Capítulo 3 - DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe el problema abordado en esta tesis y el entorno que le da relevancia (Sección 3.1). Se describe la fabricación de acero (Sección 3.2), el proceso de laminación de barras de acero (Sección 3.3), la terminación del tubo (Sección 3.4) y la necesidad de Identificación de los tubos de acero (Sección 3.5).

### 3.1 - Introducción

La producción de tubos de acero sin costura (para la industria petrolera por ejemplo) se divide en tres etapas bien diferenciadas [Mannesman Steel tube and pipe manufacturing processes, Tenaris Production Process, Fairfield Seamless Manufacturing Process]:

- I. Fabricación de barras de acero.
- II. Perforación y laminación de las barras para transformarlas en tubos.
- III. Terminación y control.

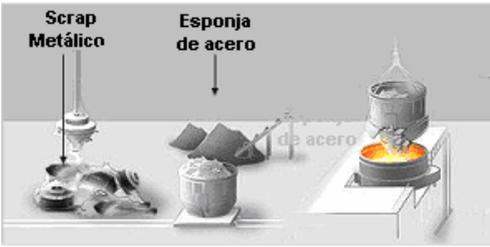
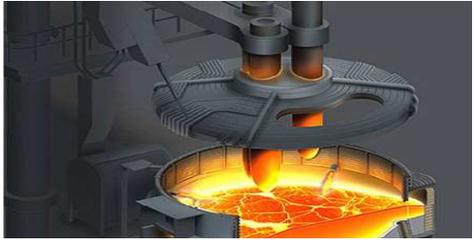
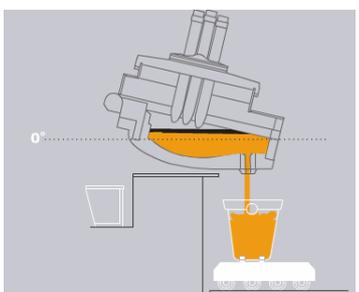
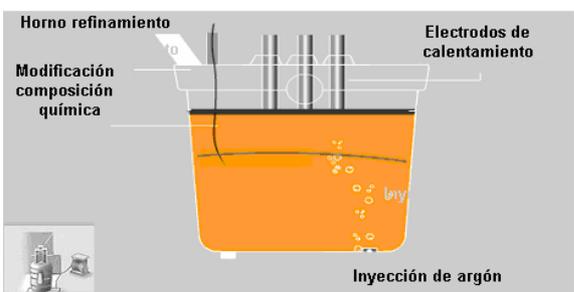
A continuación se escribe el proceso que involucra en cada una de ellas.

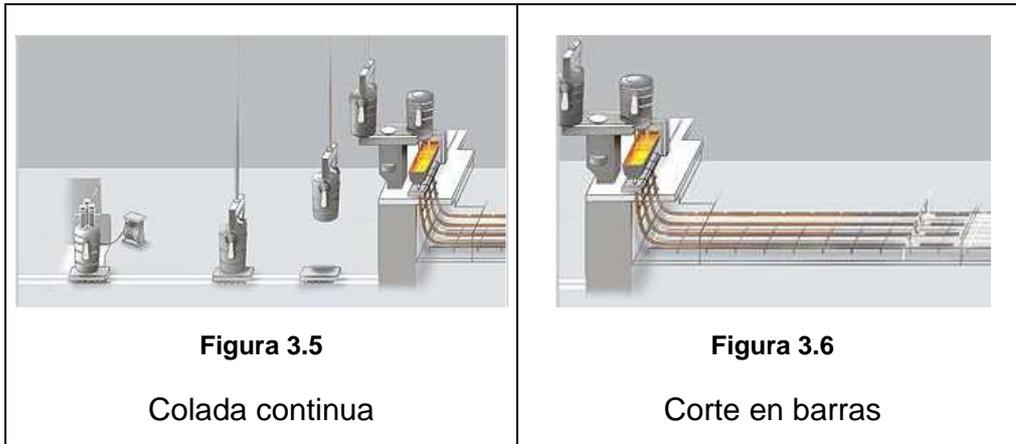
### 3.2 - Fabricación de acero

La primer fase del proceso, la fabricación del acero, puede esquematizarse según se describe a continuación [Tenaris Production Process]:

1. Se cargan las materias primas en un horno. Según la acería de que se trate, este proceso se realiza en un horno eléctrico o alimentado con combustibles sólidos que favorecen la reducción del mineral de hierro (Figura 3.1).
2. Se lleva la mezcla de materias primas (las principales son desechos metálicos y esponja de acero) por encima de su punto de fusión (del orden de los 1650°C) para obtener acero líquido(Figura 3.2).
3. Se eliminan las impurezas que flotan en el acero líquido y se lo transfiere a un contenedor que permite transportarlo para su posterior procesamiento (Figura 3.3).
4. El acero es trasportado a un horno de refinamiento (generalmente un horno eléctrico) en el que se lo mantiene en estado líquido mientras se le agregan metales con el objetivo de alcanzar una dada composición química a la vez que se le inyecta argón por la parte inferior del horno con el objeto de favorecer la flotación en la superficie de las impurezas menos densas que el acero (Figura 3.4).

5. El acero líquido se transporta al sistema de colada continua, que consiste básicamente en un recipiente en el que se deposita el acero y que permite a través de sendas perforaciones que fluya una columna continua de acero líquido (Figura 3.5).
6. El sistema de colada continua dispone de dispositivos que permitan mantener la velocidad de colada (caudal de acero) constante así como también de un mecanismo de enfriamiento controlado. Las columnas de acero continuas así generadas (coladas) son cortadas en barras de longitud predeterminada, enfriadas por convección y estibadas para su posterior utilización (Figura 3.6).

 <p><b>Figura 3.1</b> Cargado de materias primas en un horno eléctrico</p>	 <p><b>Figura 3.2</b> Calentamiento del acero por encima de los 1600 grados</p>
 <p><b>Figura 3.3</b> Transferencia del acero a contenedores</p>	 <p><b>Figura 3.4</b> Refinamiento del acero</p>

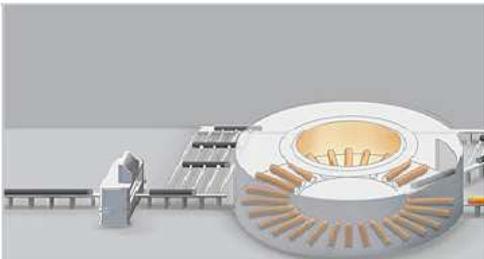
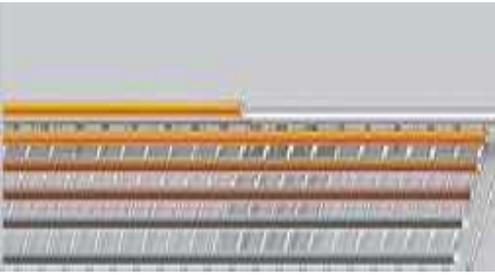


### 3.3 - Laminación de barras de acero

La siguiente etapa del proceso de fabricación de tubos sin costura consiste en perforar y laminar las barras de acero [Mannesman Steel tube and pipe manufacturing processes, Tenaris Production Process, Fairfield Seamless Manufacturing Process], el proceso puede esquematizarse según se describe a continuación [Tenaris Production Process]:

1. Las barras son cortadas en una primera instancia en función del diámetro y longitud de tubos deseados y son introducidas en un horno giratorio en el que su temperatura se lleva hasta 1200°C aproximadamente, eliminándoseles así mismo la capa exterior de óxido que pudieran tener (Figura 3.7).
2. Una vez que las barras de acero se encuentran en estado plástico se procede a su laminación mediante un proceso desarrollado por la empresa Manessmann [Mannesman Steel tube and pipe manufacturing processes]. Este proceso consiste básicamente en una serie de etapas de laminación en las que se va transformando la barra original de acero en un tubo. En la primer fase (laminador perforador) se introduce una lanza dentro de la barra de acero (en estado plástico) a la vez que se una serie de "jaulas" lo presionan exteriormente, como consecuencia de lo cual la barra se ahueca y estira(Figura 3.8).
3. Los tubos son calentados a continuación a unos 900°C para eliminar tensiones internas en el material debidas al proceso de laminación y se les elimina la cáscara exterior formada durante el recalentamiento.
4. En un segundo paso de la laminación (laminador reductor estirador) el tubo es estirado aún más reduciéndose a su vez su espesor y acondicionándose su diámetro (Figura 3.9).

- Finalmente los tubos son enfriados por convección natural y cortados según la especificación de longitud requerida (Figura 3.10). Típicamente el orden de magnitud de la producción de una planta se encuentra alrededor de 1000 toneladas diarias.

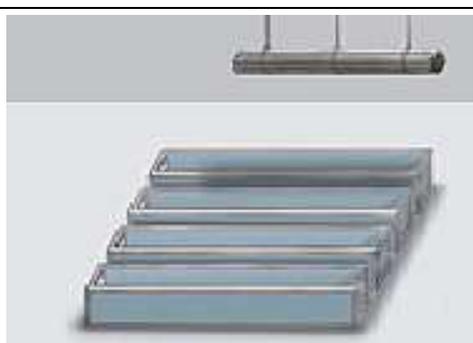
 <p><b>Figura 3.7</b> Corte y calentamiento de barras</p>	 <p><b>Figura 3.8</b> Perforación de barras en estado plástico</p>
 <p><b>Figura 3.9</b> Acondicionamiento de diámetro y espesor en un laminador continuo</p>	 <p><b>Figura 3.10</b> Enfriamiento por convección</p>

### 3.4 - Terminación del tubo

En la última fase se realiza la terminación del tubo según se describe a continuación [Mannesman Steel tube and pipe manufacturing processes, Tenaris Production Process, Fairfield Seamless Manufacturing Process]:

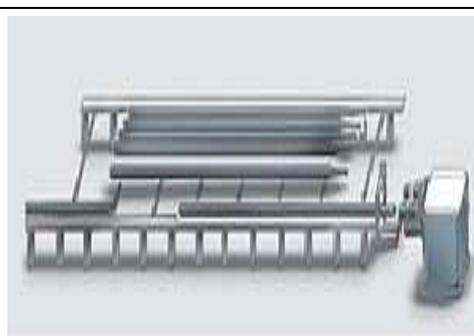
- Se someten los tubos a un conjunto de tratamientos químicos superficiales como desgrasado y fosfatizado (Figura 3.11).
- Se modifica el diámetro de uno de los extremos del tubo para poder acoplarlos unos con otros (Figura 3.12).

3. Se trefila el tubo dándole el ajuste final de diámetro y espesor (Figura 3.13).
4. Se somete a los tubos a tratamiento térmico para darle las propiedades mecánicas requeridas (Figura 3.14).
5. Los tubos son enderezados para eliminar distorsiones producidas por los procesos aplicados (Figura 3.15).
6. Se los somete a diversas inspecciones para detectar imperfecciones y se mide su longitud (Figura 3.16).
7. Finalmente se cortan a su longitud final y se controla que el diámetro y espesor estén dentro de las tolerancias establecidas (Figura 3.17).



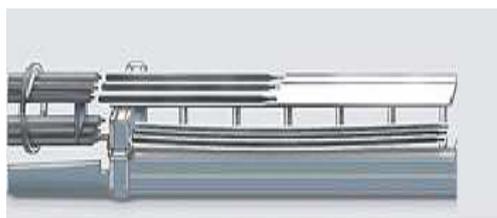
**Figura 3.11**

Tratamientos superficial de los tubos



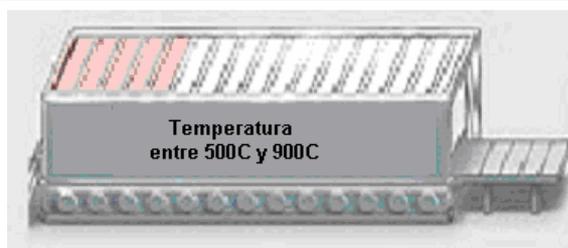
**Figura 3.12**

Modificación del diámetro de uno de los extremos.



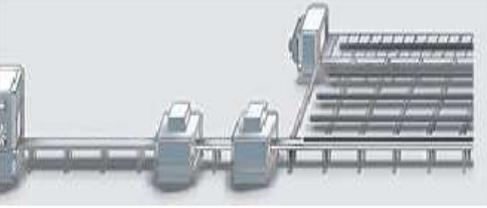
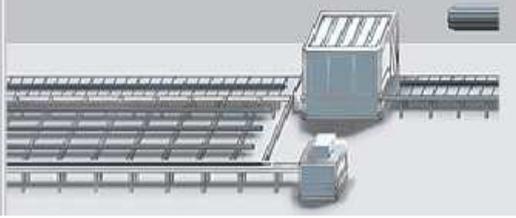
**Figura 3.13**

Trefilado de los tubos



**Figura 3.14**

Tratamiento térmico de los tubos

	
<p><b>Figura 3.15</b> Enderezado de los tubos</p>	<p><b>Figura 3.16</b> Control no destructivo y medición de longitud.</p>
	
<p><b>Figura 3.17</b> Control final de longitud, diámetro y espesor.</p>	

### 3.5 - Identificación del Tubo

La motivación fundamental detrás del proceso de fabricación referido y que justifica su alto costo, es la obtención de tubos de muy alta calidad, la cual se especifica y debe garantizarse a través de una serie de controles cuantitativos contractualmente acordados al momento de su adquisición.

Consecuentemente y teniendo en cuenta que los tubos así fabricados son en muchos casos sometidos durante su vida útil a condiciones límites de presión, erosión, etc. en muchos casos se hace necesario identificarlos individualmente [Flash 2001, Flash 2002b, Flash 2003, Flash 2004] de forma tal poder seguir los parámetros utilizados en su fabricación, el historial de controles que recibió, el resultado de las pruebas a que fue sometido y el conjunto de mediciones que se realizaron sobre sus características.

La marcación de los tubos para su identificación puede realizarse en diversas etapas del proceso de fabricación, sin embargo, hasta el momento no existe una solución a esta necesidad que permanezca inalterable durante toda la vida útil del tubo.

Existe una gran variedad de técnicas que en principio permitirían identificar tubos de acero. Se las puede clasificar de diversas maneras, una de ellas es en función

de si alteran el tubo en sí de alguna forma (su superficie, por ejemplo) o si por el contrario consisten en agregarle al tubo la marca sin modificarlo.

De entre las técnicas que modifican la superficie del tubo, esta tesis se enmarca en una propuesta basada en el fresado, ya que ofrece una alternativa robusta en cuanto a su resistencia a la exposición a la intemperie, pudiendo ser obtenida en forma directa simplemente leyendo el código fresado, así como también en forma automática interpretando una foto de la marca como se propone en las secciones siguientes.

En este contexto, el problema que se aborda en esta tesis es el de desarrollar una solución que permita leer el código que identifica a un tubo en una fotografía de la marca fresada en su superficie.

Esto involucra por un lado, el desarrollo de los algoritmos matemáticos de procesamiento que posibiliten dicha identificación, tarea que a su vez requiere del desarrollo de una herramienta que facilite la investigación necesaria y finalmente, la implementación de un sistema software que mediante los algoritmos desarrollados identifique al tubo fotografiado en forma automática.

## Capítulo 4 - SOLUCIÓN PROPUESTA

En este capítulo se expone la solución propuesta al problema planteado en esta tesis, esto comprende la búsqueda de un algoritmo de procesamiento adecuado y la implementación de una solución software basada en este algoritmo siguiendo la metodología Métrica 3.

La sección 4.1 del capítulo llamada "Fundamentos teóricos", expone el proceso de desarrollo y validación del algoritmo de procesamiento propuesto. Se muestran las características analizadas de las imágenes, su categorización en función de la relación señal ruido que presentan y un procesamiento adecuado para cada uno de los casos clasificados.

La sección 4.2 llamada "Desarrollo de la solución", documenta el proceso de desarrollo de la solución software implementada siguiendo la metodología Métrica versión 3. Se documenta en primer lugar los procesos principales en la sección 4.2.1 y a continuación las interfaces en la sección 4.2.2

### 4.1 - Fundamentos Teóricos

En esta sección se expone el proceso de desarrollo y validación del algoritmo de procesamiento propuesto. Se muestran las características analizadas de las imágenes, su categorización en función de la relación señal ruido que presentan y un procesamiento adecuado para cada uno de los casos clasificados.

#### 4.1.1 - Identificación de tubos de acero – Introducción

En esta tesis, la identificación de tubos de acero a través del análisis de una fotografía de marcas fresadas en los mismos se aborda como un problema de reconocimiento óptico de caracteres [Govindan V.K. & Shivaprasad A.P., 1990].

#### 4.1.2 - Método de identificación

La solución propuesta consta de los siguientes pasos:

1. Identificación la zona marcada en la fotografía.
2. Análisis de la imagen => definición del acondicionamiento
3. Acondicionamiento de la imagen (control de la relación señal / ruido).
4. Segmentación de caracteres.
5. Identificación de caracteres (clasificación)
6. Composición de la identificación de la marca.

Si bien el tema del reconocimiento óptico de caracteres ( OCR ) se encuentra ampliamente difundido en la literatura y cubierto por numerosos productos

accesibles en el mercado, no existen al momento sistemas comerciales que puedan procesar una imagen con las características que presentan las fotos de las marcas en los tubos.

Por este motivo se ha desarrollado en este trabajo una metodología apropiada para resolver la cuestión teniendo en cuenta las particulares de las imágenes de las marcas, es decir, su relación señal ruido, el tipo de ruido característico que presentan, las variaciones en la iluminación, las particularidades de los tipos de letras usados en este tipo de tareas, etc.

El método fue desarrollado teniendo en cuenta que la solución que se presenta tendrá un uso industrial, un entorno en donde las consecuencias de los errores tienen un alto costo económico, por lo que debe ser robusta y confiable. En este sentido la solución propuesta busca en cada etapa optimizar el resultado posible, sin embargo la etapa siguiente será capaz de cumplir su función aún con resultados pobres en la fase que le precede. Por ejemplo, aún si el acondicionamiento no es capaz de presentar un conjunto completo de caracteres perfectamente identificables, la segmentación podrá llevarse a cabo y en caso de contar con una segmentación defectuosa el reconocimiento de los caracteres será exitoso dentro de márgenes razonables o se dispondrá de un mecanismo para detectar la falta de confiabilidad en el resultado.

#### 4.1.3 - Características de las imágenes a estudiar

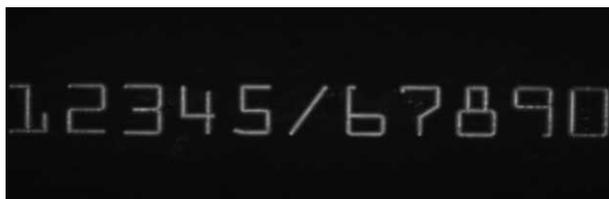
En La Figura 4.1, Figura 4.2 y Figura 4.3 se muestran ejemplos típicos de marcaciones de tubos.



Figura 4.1 Ejemplo de marca



Figura 4.2 Ejemplo de marca



**Figura 4.3 Ejemplo de marca**

Marcas características en tubos de acero

Estos ejemplos muestran las variaciones típicas que es dable encontrar en dichas marcas.

Uno de los factores más salientes es la posibilidad de que la zona marcada se encuentre sobre una superficie torneada. Se desconoce a priori en que marcas se encontrará este tipo de ruido, el que además tiene un paso desconocido y que puede variar de marca en marca.

Se observa en la Figura 4.1 y en la Figura 4.2 el fuerte impacto del torneado sobre las características de la imagen. Los caracteres a reconocer en este caso son blancos sobre un fondo negro teniendo en cambio un contorno negro sobre fondo blanco en ausencia del mismo (Figura 4.3).

#### **4.1.4 - Esquema de procesamiento**

Se describe a continuación el procesamiento definido para las imágenes conteniendo las marcas a identificar.

##### **Identificación de la zona de interés**

Como primer paso del procesamiento resulta necesario identificar en las fotografías la zona donde se encuentra la marca, dado que la mayor parte de las mismas consisten en zonas negras carentes de información. De esta manera se consigue disminuir el tiempo de procesamiento computacional y se resalta en el análisis las características de interés en las imágenes.

Con este objetivo se realizan proyecciones de las imágenes en los ejes vertical y horizontal restringiéndose en más el análisis a la zona conexas en que la amplitud es significativa.

El algoritmo utilizado para encontrar la zona de interés en cada proyección consiste en buscar desde ambos extremos en cada proyección valores que superen un umbral determinado (15%, por ejemplo) y regresar sobre la curva al extremo en cuestión hasta que la señal es menor que un segundo umbral (1%, por ejemplo). El resultado de esta transformación se muestra en la Figura 4.4 siendo la imagen original la mostrada en la Figura 4.5



**Figura 4.4**

Imagen antes de la selección de la zona de interés

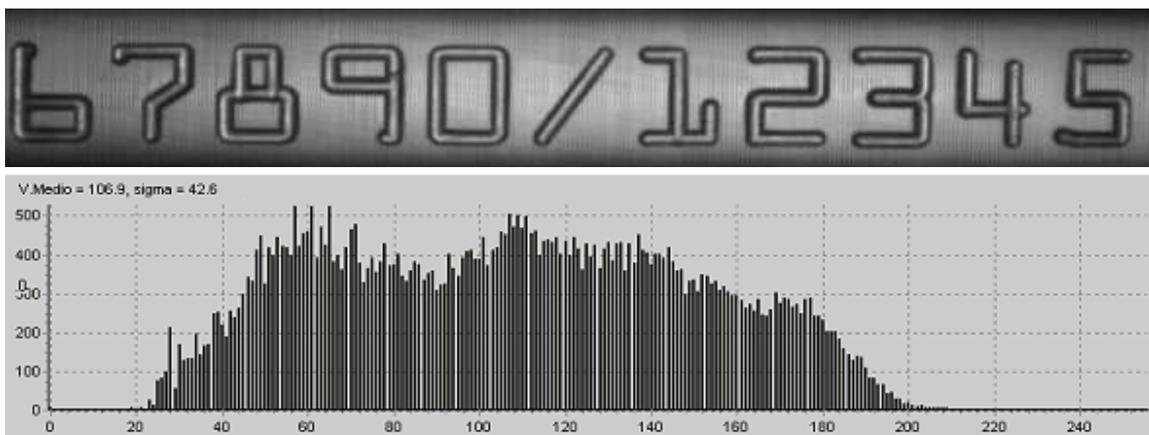


**Figura 4.5**

Zona de interés seleccionada

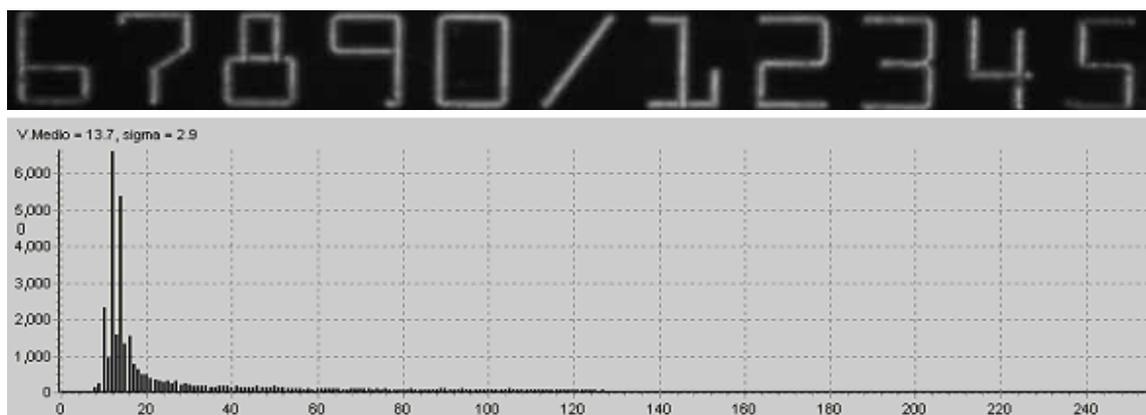
### Análisis del histograma

Para determinar el tipo de procesamiento a aplicar a las imágenes de las marcas con el objetivo de mejorar la relación señal ruido, se analiza el histograma de las mismas. En la Figura 4.6 se observa un histograma típico de una marca sobre una superficie torneada y en la Figura 4.7 el histograma de una marca sobre la superficie virgen del tubo.



**Figura 4.6**

Histograma típico de una marca sobre superficie torneada.



**Figura 4.7**

Histograma típico de una marca sobre superficie virgen.

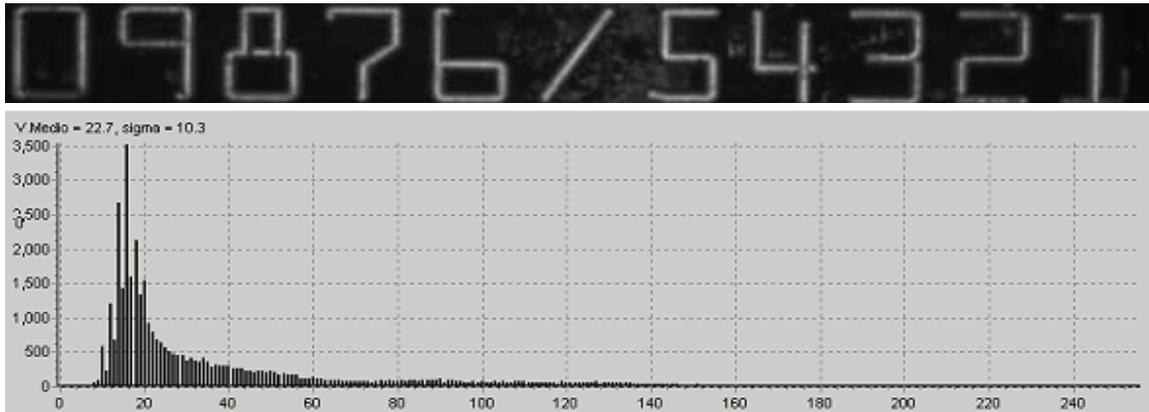
Como puede observarse el histograma pone claramente de manifiesto la diferencia en la riqueza de matices entre ambos tipos de marcas.

En el caso de las marcas sobre superficie virgen (Figura 4.7) predominan ampliamente los puntos negros, siendo los puntos blancos (la señal de interés, es decir los puntos que pertenecen a los caracteres) minoritarios. La dispersión en el histograma, por el otro lado es baja, básicamente hay puntos con señal y puntos sin señal, es decir, un bajo nivel de ruido.

Las imágenes de marcas con rosca (Figura 4.6), por el contrario, tienen una proporción de ruido mucho mayor como consecuencia del torneado.

Esta diferenciación puede cuantificarse claramente a través de la media y la desviación estándar en los histogramas, que en el caso de marcas con rosca es un orden de magnitud superior.

Otro ejemplo de interés se muestra en la Figura 4.8, en ella se observa la imagen de una marca sobre superficie sin torneado pero con un alto contenido de ruido.



**Figura 4.8**

Histograma de una marca sobre superficie virgen con mala relación señal / ruido

En su histograma se observa que la desviación estándar triplica los valores obtenidos en ausencia de torneado, aunque sigue siendo mucho menor que la observada en las marcas sobre superficie torneada.

Este comportamiento se repite en la totalidad de las imágenes analizadas, las cuales fueron provistas por los responsables del proyecto global de identificación de tubos como representativas del universo a contemplar. Esto permite realizar una primera clasificación de las imágenes en base a su histograma para dividir las y definir un procesamiento específico según el nivel de señal / ruido que presentan.

Tras el análisis de los resultados obtenidos en el banco de pruebas se establece la siguiente clasificación de las imágenes:

<b>Desvío Std (DS) en el histograma</b>	<b>Clasificación</b>
DS <= 8	Buena relación señal / ruido
8 < DS <= 15	Pobre relación señal / ruido
DS > 15	Señal con alto nivel de ruido

### **Análisis espectral**

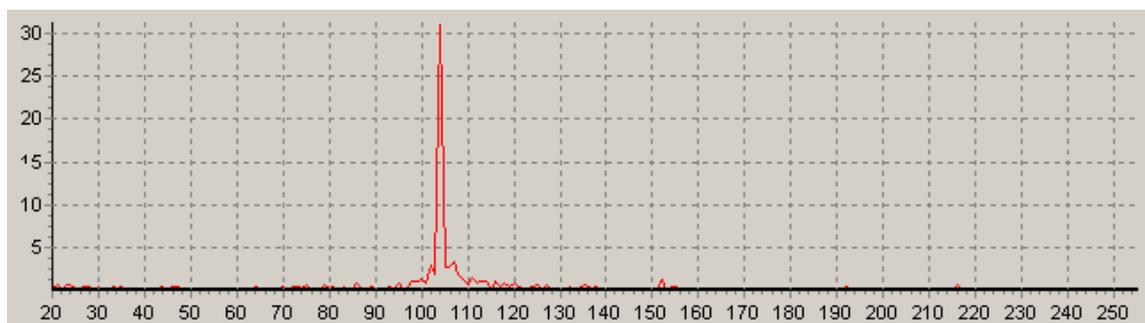
El torneado sobre la superficie presenta un evidente patrón periódico en el sentido horizontal como se muestra en la Figura 4.9

**Figura 4.9**

Marca con rosca

Este efecto se manifiesta con mayor intensidad relativa en las zonas en las que no se encuentran los caracteres. Por este motivo para analizar este aspecto de las imágenes se procesa de la zona seleccionada el cuarto superior e inferior de la imagen.

Calculando el espectro de amplitud de la proyección sobre el eje horizontal de los sectores de la imagen indicados se obtiene el gráfico mostrado en la Figura 4.10.

**Figura 4.10**

Espectro de amplitud de la proyección sobre el eje horizontal de una marca sobre superficie torneada

El pico presente en el espectro de amplitud mostrado en la Figura 4.10 identifica claramente la presencia del torneado (comportamiento periódico). La frecuencia del mismo está directamente relacionada con el paso del torneado y la frecuencia de muestreo.

Para realizar una comparación se muestra en la Figura 4.11 un espectro típico para el mismo procesamiento de una marca sin torneado.

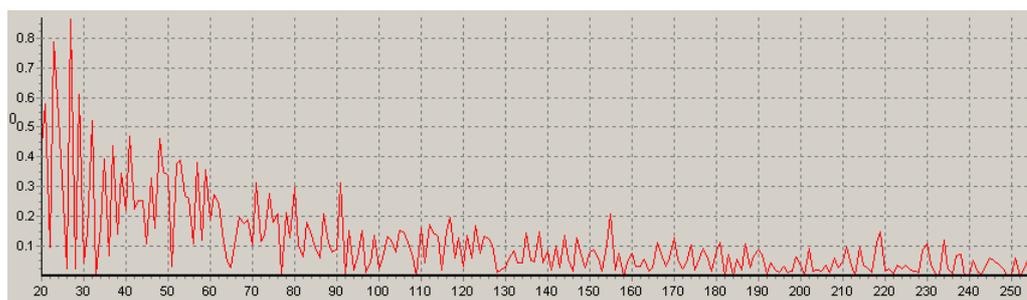


Figura 4.11

Espectro de amplitud de la proyección sobre el eje horizontal de una marca sobre superficie sin torneear

Se observa en la Figura 4.11 la ausencia de un pico para alguna frecuencia dada dominando el espectro ocurre con las marcas torneadas.

Este comportamiento del espectro de amplitud de la proyección sobre el eje horizontal, permite determinar si es necesario aplicar a la imagen con la marca un filtro tipo Notch que elimine el ruido producido por el torneado.

A modo de ejemplo se muestra en la Figura 4.12 el resultado del filtrado para eliminar la presencia del torneado en la imagen de la Figura 4.9

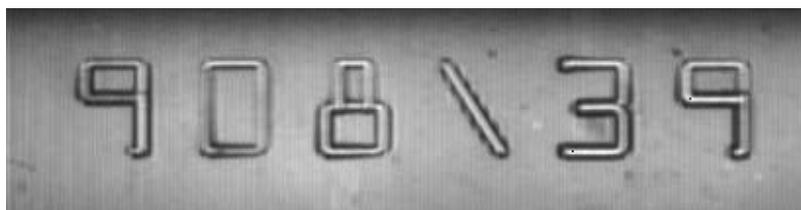


Figura 4.12

Marca sobre superficie torneada procesada con un filtro Notch

### Procesamiento de señales con buena relación señal ruido

Se analiza a continuación el procesamiento a aplicar en marcas con buena relación señal ruido. En la figura Figura 4.13 se muestra una de estas imágenes.



Figura 4.13

Imagen de una marca con buena relación señal / ruido

Dado el bajo nivel de ruido de esta marca, puede asumirse que la gran mayoría de los puntos no negros de la misma forman parte de los caracteres a segmentar, se

procede por lo tanto, a la simple binarización de la imagen obteniéndose un resultado apto para su análisis según se muestra en la Figura 4.14.



Figura 4.14

Imagen binarizada

Para binarizar esta imagen se analiza el histograma con el objetivo de definir el límite entre puntos negros y blancos. Resultados experimentales muestran que tomando como negros todos los puntos del histograma con menores que el valor medio más tres veces la desviación Standard se obtienen resultados confiables y correctos.

Se observa en la figura Figura 4.14 el aumento del contraste obtenido mediante la binarización, sin embargo, puede apreciarse también la presencia de ruido en la forma de puntos blancos aislados.

Por este motivo el siguiente paso en el procesamiento de este tipo de imágenes es la eliminación mediante filtrado la presencia de pequeñas zonas blancas desconectadas del resto de los caracteres.

Aplicando este procesamiento se obtiene una imagen como muestra la Figura 4.15



Figura 4.15

Imagen binarizada a la que se le han eliminado puntos aislados

Finalmente para cerrar pequeños huecos en los caracteres se aplica un operador de dilatación de la imagen obteniéndose la imagen que se muestra en la Figura 4.16.



Figura 4.16

Resultado de la dilatación de la Figura 4.15

Según las pruebas realizadas sobre el banco de marcas disponibles y dadas las características esperadas de las mismas, se concluye que para el tipo de relación señal / ruido analizada en este apartado, las imágenes obtenidas con el procedimiento descrito tienen las características necesarias (relación señal / ruido, contraste y estandarización ) para hacer posible su segmentación en forma automática.

### Procesamiento de señales con relación señal ruido pobre

Para describir el procesamiento desarrollado para marcas con una relación señal / ruido pobre se utilizará la imagen ilustrada en la Figura 4.17

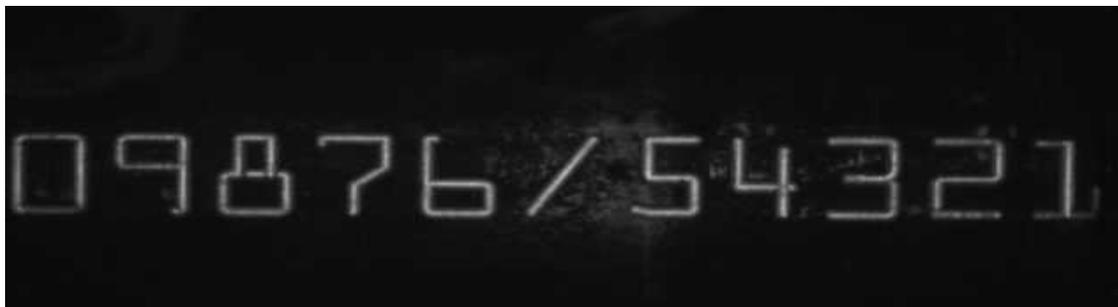


Figura 4.17

Imagen con relación señal ruido pobre

Si se intenta aplicar el procesamiento definido en la sección anterior a imágenes con relación señal / ruido pobre se obtiene un resultado como el mostrado en la Figura 4.18.



Figura 4.18

Procesamiento para marcas con buena relación señal ruido aplicado a imágenes con relación señal / ruido pobre.

La presencia del ruido impacta en el histograma de forma tal que en el proceso de binarización se elimina parte de los caracteres que interesa reconocer. Si bien es posible aún identificarlos en estas condiciones ya que se utilizará un mecanismo basado en redes neuronales tolerante a este tipo de variaciones, es factible para estos casos modificar el procesamiento de forma tal que brinde mayor nivel de inmunidad al ruido con el costo de un esfuerzo de cálculo más elevado.

Se propone para estos casos, una transformación basada en la detección de bordes propuesta por Canny [Canny J. 1996]. Se intenta así obtener bordes cerrados dado que este algoritmo utiliza un umbral para detectar los bordes y otro para sostenerlo a través de sucesivos puntos. De esta forma, al producirse una baja en la relación señal ruido en una sección de un carácter, este es conservado (dentro de ciertos límites).

El algoritmo propuesto es el siguiente:

1. Selección de la zona de interés utilizando proyecciones vertical y horizontal según se explicó anteriormente.

2. Detección de bordes propuesto por Canny [Canny J. 1996]. Se obtiene para el caso con ruido una imagen como la que se muestra en la Figura 4.19.

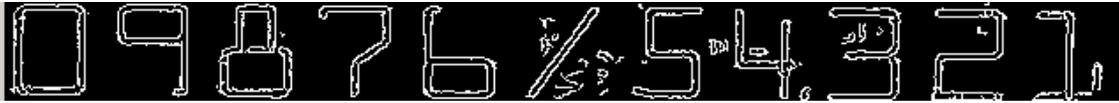


Figura 4.19

Resultado de la aplicación del detector de bordes de Canny

Se observa que además de los caracteres la detección de bordes también identifica parte del ruido. Si bien es posible ajustar los parámetros del filtro de Canny [Canny J. 1996] para eliminarlo, los valores así definidos se vuelven muy sensibles a las variaciones de iluminación en las fotos y por lo tanto la solución obtenida de esta forma no es robusta.

3. Se aplica un cerramiento con una iteración. Obteniéndose la imagen que se muestra en la Figura 4.20.



Figura 4.20

Resultado de la aplicación de un cerramiento de la imagen de la Figura 4.19.

4. Se eliminan a continuación los conjuntos pequeños de puntos aislados, obteniéndose la imagen mostrada en la figura



Figura 4.21

Resultado de la eliminación de puntos aislados de la imagen de la Figura 4.20.

Puede observarse que esta operación elimina el ruido que subsistió al filtro de Canny [Canny J. 1996] sin producir pérdida de información en los caracteres de interés.

5. Se aplica una dilatación final obteniéndose una imagen como la mostrada en la Figura 4.22.



Figura 4.22

Resultado de la aplicación de una dilatación sobre la imagen de la Figura 4.21.

6. Finalmente se efectúa una operación de cierre obteniéndose el resultado final de este procesamiento mostrado en la Figura 4.23.



Figura 4.23

Resultado de la aplicación de un cerramiento sobre la imagen de la Figura 4.22.

Este tipo de algoritmo es mucho más costoso en términos computacionales que el propuesto inicialmente para imágenes con buena relación señal / ruido, sin embargo, es más tolerante al ruido, ya que el mismo no se elimina meramente por su brillo sino por sus características morfológicas.

### Procesamiento de señales con alto nivel de ruido

Las marcas con roscas constituyen, dentro del tipo considerado en este trabajo, las que involucran la más baja relación señal / ruido. La fuente principal del mismo la constituye la presencia de la rosca misma que se trata de una fuente de ruido coloreada con un muy pequeño ancho de banda como se observa en la Figura 4.10, el cual por lo tanto, puede eliminarse mediante filtrando con un filtro IIR tipo "Notch".

A continuación se presenta el procesamiento propuesto, para ejemplificar se utilizará una imagen que además de la rosca se encuentra considerablemente dañada (por zonas oxidadas), lo cual implica una situación mucho más exigida para el procesamiento que la que se espera en condiciones reales de operación. La Figura 4.24 muestra dicha imagen.



Figura 4.24

Imagen de una marca sobre superficie torneada conteniendo zonas oxidadas  
El procesamiento propuesto para este tipo de marcas es el siguiente.

1. Selección de la zona de interés, utilizando las proyecciones verticales y horizontales según se describió en la sección "Identificación de la zona de interés"
2. Determinación de la frecuencia del filtro notch (asociada con el paso del torneado) en el espectro de la imagen
3. Filtrado de la imagen para eliminar el torneado. El resultado para la imagen ilustrada en la Figura 4.24 puede observarse en la Figura 4.25.



Figura 4.25

Resultado del filtrado de la imagen mostrada en la Figura 4.24

Una vez eliminado el torneado mediante el filtrado se procesa la imagen con el detector de bordes de Marr – Hildreth [Marr & Ellen Hildreth, 1980] obteniéndose la imagen que se muestra en la Figura 4.26



Figura 4.26

Resultado de la detección de bordes de Marr & Hildreth de la imagen mostrada en la Figura 4.25

Se observa que es detectado tanto el borde exterior como el interior de los caracteres así como también pequeños conjuntos de puntos que originalmente conformaban zonas oxidadas en la marca. En este caso no se utiliza el detector de bordes de Canny [Canny J. 1996], dado que es más sensible a detectar el ruido producido por el torneado. Esto se debe a que si en algún punto el filtrado deja una amplitud considerable del mismo, el algoritmo de Canny [Canny J. 1996] mantendrá en la imagen resultado todos los puntos de la rosca contiguos hasta que la amplitud de los mismos bajen del umbral menor.

Para eliminar las zonas debidas al óxido en la marca, se somete la imagen a la acción de un filtro que elimina los puntos blancos aislados que pertenecen a

conjuntos conexos contenidos en un rectángulo de lados inferiores a una cota dada. El resultado de este procesamiento se muestra en la figura Figura 4.27.

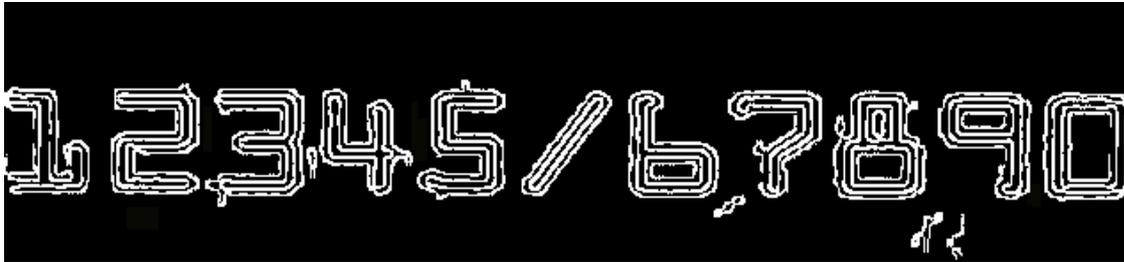


Figura 4.27

Resultado de la eliminación de pequeñas zonas aisladas de la imagen mostrada en la Figura 4.26.

La eliminación del ruido introducido principalmente por el torneado permite realizar una nueva selección del área de interés recortando las zonas que contienen información. Para esto se sigue el procedimiento basado en las proyecciones verticales y horizontales antes descritas obteniéndose la imagen mostrada en la figura Figura 4.28



Figura 4.28

Resultado de la eliminación de las zonas sin información de la imagen mostrada en la Figura 4.27.

La imagen así obtenida se somete finalmente a un cerramiento obteniéndose la imagen que se muestra en la Figura 4.29



Figura 4.29

Resultado de la eliminación de las zonas sin información de la imagen mostrada en la Figura 4.28

El procesamiento de esta imagen particular siguiendo el proceso mencionado podría optimizarse aún más seleccionando adecuadamente los parámetros de los filtros, sin embargo se ha priorizado la obtención de soluciones robustas por encima de maximizar los resultados en casos particulares.

**Ejemplos de aplicación del procesamiento propuesto.**

A continuación se muestran algunos de los resultados obtenidos con varias imágenes de diversa relación señal / ruido.



Figura 4.30 Ejemplo de procesamiento



Figura 4.31 Ejemplo de procesamiento



Figura 4.32 Ejemplo de procesamiento



Figura 4.33 Ejemplo de procesamiento



Figura 4.34 Ejemplo de procesamiento

#### 4.1.5 - Segmentación de caracteres

##### Característica del texto

Para identificar los tubos se ha seleccionado un tipo específico de caracteres, sin embargo para hacer más robusto y general el sistema se ha desarrollado no se harán consideraciones especiales sobre los caracteres más allá de tener en cuenta que tanto su tamaño como espaciado es arbitrario pero constante.

##### Segmentación del texto

El objetivo de esta fase del procesamiento consiste en partir de una imagen preprocesada como la que se muestra en la Figura 4.35.



Figura 4.35

Imagen objeto de la segmentación

y dividirla en un conjunto de rectángulos conteniendo los caracteres como se muestra en la figura Figura 4.36



Figura 4.36

Segmentación de los caracteres mostrados en la Figura 4.35

Este proceso es complejo y no existe en la literatura un procedimiento general para llevarlo adelante [Pal N.R. & Pal S.K.,1993]. Por otro lado la posibilidad ulterior de reconocimiento exitoso de los caracteres se encuentra estrechamente ligado a la calidad de la segmentación realizada.

Para realizar la segmentación de caracteres se analiza la proyección sobre los ejes horizontal y vertical, dado que lo que se busca son las zonas de separación entre caracteres, según se muestra en la figura Figura 4.37.



Figura 4.37

Proyección vertical y horizontal de una marca

En el sentido vertical la segmentación es sencilla y puede realizarse siguiendo los mismos lineamientos usados en la selección inicial del área de interés en la imagen.

La separación entre caracteres (segmentación horizontal) resulta más compleja y no puede realizarse directamente en forma robusta (inmune al ruido).

Independientemente de los caracteres presentes, dado que tanto el espacio como el ancho de los caracteres es constante, la proyección sobre el eje horizontal de la imagen produce un patrón aproximadamente periódico. Esto se remarca y pone de manifiesto en la auto correlación de esta señal como se muestra en la Figura 4.38.

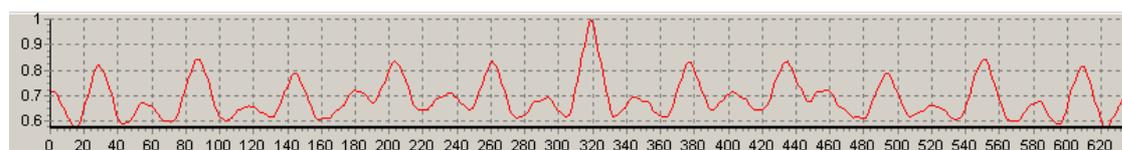


Figura 4.38

Auto-correlación de la proyección horizontal de la imagen en la Figura 4.37.

El máximo central en la figura Figura 4.38 pone de manifiesto la situación trivial de máxima correlación para un desplazamiento relativo nulo. Al desplazarse las señales una respecto de la otra comienzan a solaparse zonas con caracteres y zonas sin ellos, por esto la auto correlación decrece hasta llegar al valor mínimo que se corresponde aproximadamente con la distancia entre caracteres. Dado que entre caracteres la proyección sobre el eje horizontal tiene idealmente valor nulo, cuando la auto correlación se calcula con este desplazamiento el aporte de las zonas con valores no nulos se minimiza por estar multiplicado por cero.

Las características particulares de la auto correlación dependerán en parte de las de la proyección sobre el eje horizontal, sin embargo puede asegurarse que para desplazamientos múltiplos de la suma entre distancia entre caracteres y el ancho del carácter se obtendrá un máximo relativo en la auto correlación de la proyección horizontal. Este hecho puede utilizarse para determinar con precisión esta suma que en adelante se denominará ancho del patrón.

De la distancia entre las posiciones de los máximos secundarios y el máximo central (desplazamiento cero) se obtiene entonces un conjunto de candidatos al ancho del patrón para la imagen analizada.

A continuación es necesario determinar de estos candidatos cual es el valor del ancho buscado. Para esto se tendrá en cuenta las zonas con ceros en la proyección sobre el eje horizontal. Es necesario tener en cuenta que si bien puede utilizarse directamente estas zonas para delimitar los caracteres, el uso de la auto correlación implica la utilización de información de la imagen como un todo y no solamente local, es decir se tiene una solución mucho más inmune al ruido.

El procedimiento utilizado para seleccionar de entre los candidatos el ancho del patrón consiste en un sistema de votación. Con este fin se buscan las zonas nulas (con valores menores que un umbral) de la proyección sobre el eje horizontal y se calcula la distancia relativa entre todas ellas.

Cada distancia así obtenida vota por el candidato (el ancho del patrón) que le es más próximo, siempre que esta distancia se encuentre dentro de ciertas cotas (la votación es por similitud, no se puede votar por candidatos muy distintos al segmento mismo).

Se define entonces como ancho del patrón al candidato más votado.

Una vez conocido el ancho del patrón es posible seleccionar en la proyección sobre el eje horizontal las zonas nulas separadas el ancho del patrón (de hecho son las que lo votaron) y además se puede verificar si existe alguna omisión, es decir una zona nula no detectada (recordar que deben encontrarse zonas nulas a todas las distancias múltiplo del ancho del patrón), obteniéndose de esta forma la segmentación de los caracteres.

El resultado de la segmentación es un conjunto de una matrices de puntos cada una conteniendo la imagen de un caracter. Para poder realizar comparaciones y

clasificaciones es necesario que el alto y ancho de todas estas matrices sean iguales (los obtenidos en un caso particular y los usados para entrenar la red neuronal con que se clasificarán posteriormente). Por este motivo el último paso del acondicionamiento consiste en redimensionar las matrices interpolando linealmente los valores en ellas contenidos.

Este algoritmo se ha probado en 250 imágenes con distintos niveles de ruido (50 de las cuales pueden observarse en el Anexo A: Casos de prueba) obteniéndose resultados satisfactorios como los mostrados en la Figura 4.36 en todos los casos.

#### **4.1.6 - Reconocimiento de caracteres**

En este trabajo el reconocimiento de los caracteres contenidos en las imágenes segmentadas se llevado adelante mediante una red neuronal tipo Back Propagation [Michalski R y Kodratoff Y. 1990].

Para determinar un conjunto de parámetros de la red aptos para el problema que se aborda, se ha realizado una serie de pruebas sobre fotografías representativas de tubos con identificaciones fresadas mediante las cuales se ha determinado que el problema puede resolverse adecuadamente utilizando una red de tres capas.

Capa 1: tendrá tantas neuronas como puntos tenga la imagen a clasificar.

Capa 2: 100 neuronas

Capa 3: tendrá tantas neuronas como resultados de la clasificación se admitan (en este trabajo se utilizan 11 caracteres posibles a saber (0, 1, 2, 3, 4,5 ,6 7, 8, 9,\))

Los parámetros que se tuvieron en consideración son el número de capas ocultas y el número de neuronas por capa. Dado que con una sola capa oculta puede resolverse el problema adecuadamente, no es necesario agregar más (ya que aumenta el tiempo de cómputo necesario). Por otro lado utilizando entre 70 y 100 neuronas para la capa oculta la red se entrena sin dificultades y la red así obtenida es capaz de clasificar correctamente los datos que se le presentan, por lo que no tiene sentido agregar más.

#### **Entrenamiento y pruebas de la red**

Para determinar la factibilidad de resolver el problema de clasificación se utilizaron 10 imágenes de cada carácter para entrenar la misma y se clasificaron 100 imágenes de un carácter cada una nuevas con la red entrenada, habiéndose clasificado correctamente la totalidad de las marcas procesadas.

#### **4.1.7 - Conclusión - Procedimiento de identificación**

Se ha detallado el desarrollo de una metodología que permite identificar una marca fresada sobre un tubo de acero analizando una fotografía del mismo.

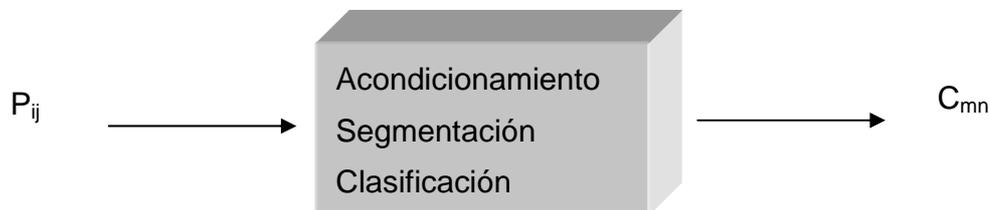
El proceso propuesto involucra seis pasos bien diferenciados.

1. Identificación la zona marcada en la fotografía.
2. Análisis de la imagen => definición del acondicionamiento
3. Acondicionamiento de la imagen (control de la relación señal / ruido).
4. Segmentación de caracteres.
5. Identificación de caracteres (clasificación)
6. Composición de la identificación de la marca.

Para el acondicionamiento de las imágenes se ha definido un conjunto de transformaciones a aplicar sobre las fotografías en función de su espectro, histograma y relación señal ruido de forma tal de obtener como salida de esa fase imágenes aptas para su segmentación.

La segmentación se ha diseñado atendiendo a la posible presencia de ruido tras el acondicionamiento de forma tal de que el proceso sea robusto. El mismo criterio se ha seguido al utilizar redes neuronales para identificar el caracter presente en cada imagen segmentada.

El núcleo del proceso de identificación todo puede entonces esquematizarse de la siguiente forma:



La entrada al núcleo del proceso lo constituye la matriz de puntos de la imagen **P** y su salida una matriz de clasificación **C** (un vector por cada imagen segmentada, es decir por cada caracter contenido en la marca del tubo) que indica cual es el caracter asociado con una imagen dada que resulta de la segmentación.

Si por ejemplo los caracteres posibles (caracteres clasificadores) son (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,0,\) y la imagen contiene la identificación de tubo "3154\2" el resultado esperado es<sup>1</sup>:

<sup>1</sup> Los valores posibles para el vector resultado de la clasificación de un caracter **C<sub>j</sub>** son los números reales en el intervalo [0,1]

$C_1 = (0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0) \Leftrightarrow 3$  (identificación del carácter 3)

$C_2 = (0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0) \Leftrightarrow 1$  (identificación del carácter 1)

$C_3 = (0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0) \Leftrightarrow 5$  (identificación del carácter 5)

$C_4 = (0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0) \Leftrightarrow 4$  (identificación del carácter 4)

$C_5 = (0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1) \Leftrightarrow \backslash$  (identificación del carácter \)

$C_6 = (0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0) \Leftrightarrow 2$  (identificación del carácter 2)

Este resultado muestra una confiabilidad perfecta de los caracteres encontrados, un resultado menos determinante para el carácter 2, por ejemplo, tendría un valor algo menor que 1 para la segunda posición y valores mayores que cero en las restantes. Por ejemplo (0, 0.9, 0.1, 0, 0.1, 0, 0, 0, 0, 0, 2, 0, 0).

#### 4.1.8 - Métricas de calidad de la identificación

Es necesario desarrollar métricas que permitan evaluar si el resultado de una interpretación de una marca debe o no considerarse válido. Se propone a continuación, dos métricas para evaluar el resultado de la clasificación: Confianza y Discriminación en la identificación.

##### Confianza en la identificación

Sea  $C_j = (c_1, c_2, \dots, c_N)$  el vector obtenido en la clasificación del carácter  $j$ , e  $l$  la posición en  $C_j$  tal que  $C_{jl} = \text{Max}(C_{jk})$ ,  $1 \leq k \leq N$ .

Se define como confianza en la identificación  $C_f$  a:

$$C_f = 100 * C_{jl}$$

Así definida la confianza resulta ser un valor entre 100 (máxima confianza) y 0 (mínima confianza).

##### Discriminación en la identificación

Para definir la discriminación se analiza el valor del segundo máximo. sea

- $C_j = (c_1, c_2, \dots, c_N)$  el vector obtenido en la clasificación del carácter  $j$ .
- $l$  el índice del vector  $C_j$  tal como se lo definió en el párrafo anterior (el del valor máximo)
- $n$  la posición en  $C_j$  tal que  $C_{jn} = \text{Max}(C_{jk})$ ,  $1 \leq k \leq N \wedge k \neq l$

Se define la discriminación en la identificación **Dc** se define como

$$Dc = 100 * (1 - C_n).$$

Así definida la discriminación resulta ser un valor entre 100 (máxima discriminación) y 0 (mínima discriminación).

#### **4.1.9 - Validación del procesamiento propuesto**

En este capítulo se documentan las pruebas realizadas para verificar la validez del procesamiento propuesto para analizar imágenes conteniendo marcas de tubos.

El análisis se realizará en forma incremental siguiendo las siguientes etapas:

1. Validación del acondicionamiento y segmentación de la imagen.
2. Validación de la clasificación de cada carácter previamente segmentado
3. Validación del procesamiento completo de las imágenes de las marcas

#### **Acondicionamiento y segmentación de la imagen**

El objetivo del acondicionamiento es producir un patrón repetible para cada carácter de forma tal de facilitar su segmentación y fundamentalmente su clasificación. Si el acondicionamiento es exitoso el espacio entre caracteres contendrá solo puntos negros y la segmentación procederá exitosamente.

La necesidad de acondicionar las imágenes proviene del hecho de que estas contienen ruido de diversas fuentes, algunas de las cuales son propias del sistema con que se está trabajando como la presencia del torneado de la superficie marcada y otras provienen de deficiencias en el proceso de marcado u obtención de la fotografía (incorrecta iluminación, por ejemplo).

Por este motivo para analizar la calidad del acondicionamiento y la segmentación se realizarán pruebas sobre dos conjuntos de 100 imágenes con características diferentes. En el primero se analizarán marcas consideradas típicas, en las que el sistema analizado se comporta en la forma planificada y posteriormente se estudiará el comportamiento del acondicionamiento y la segmentación sobre imágenes fuera de los márgenes especificados para analizar la tolerancia a fallas del procesamiento.

Dado que el objetivo de la etapa analizada es producir una imagen con un carácter en dos tonos (blanco / negro) donde el carácter se muestra en blanco y el fondo en negro se caracterizará el resultado por comparación contra una imagen considerada el resultado esperado. Esta imagen puede seleccionarse en forma arbitraria para cada carácter siempre que se mantenga sin cambios en todas las pruebas realizadas y sea parte del entrenamiento de la red neuronal en la fase siguiente del procesamiento.

Para caracterizar la similitud entre una imagen resultado del acondicionamiento / segmentación y la imagen objetivo se utiliza el siguiente estimador:

$$\text{PixOk} = 100 * (\sum_{i,j} (\text{Img}[i,j] \text{ and } \text{Img}^{\text{Esp}}[i,j]) - \sum_{i,j} (\text{Img}[i,j] \text{ xor } \text{Img}^{\text{Esp}}[i,j])) / \sum_{i,j} (\text{Img}^{\text{Esp}}[i,j])$$

Donde

$\text{Img}[i,j]$  es la imagen a analizar.

$\text{Img}^{\text{Esp}}[i,j]$  es la imagen esperada como resultado del acondicionamiento.

**PixOk** mide el porcentaje de puntos blancos en los caracteres correctamente acondicionados. Entregando 100 cuando se acondicionan correctamente todos los puntos.

Del análisis de las imágenes de prueba del primer grupo con estos estimadores se obtienen los siguientes valores

	Min	Max	Medio
PixOk	84	99	89

Valores que se consideran aceptables en función de que la experiencia muestra que es posible identificar caracteres con PixOk superiores a 60

Del análisis de las imágenes de prueba del segundo grupo con estos estimadores se obtienen los siguientes valores

	Min	Max	Medio
PixOk	55	83	68

Siguiendo el criterio antes enunciado se considera el sistema robusto a partir de estos datos dado que el acondicionamiento y segmentación producen caracteres "identificables" según la experiencia ( $\text{PixOk} \geq 60$ ) en la mayoría de los casos considerados fuera de las condiciones límites impuestas al sistema.

### Clasificación de caracteres

La clasificación de los caracteres segmentados se realizó utilizando una red neuronal tipo Back Propagation.

Los datos utilizados para realizar la validación del sistema clasificador se encontraron todos dentro de las características reportadas por los expertos como aceptables, es decir sin fallas en el sistema de marcación / fotografiado, ni características anormales en los tubos.

Se utilizó en una primer instancia un conjunto de 200 marcas de tubos, las cuales fueron segmentadas y sus caracteres individuales guardados como casos de entrenamiento.

Para determinar la confiabilidad del sistema clasificador se utilizó la red previamente entrenada sobre un conjunto distinto de caracteres y se clasificó todos los caracteres de 100 imágenes de prueba acondicionadas y segmentadas.

En todos los casos la clasificación obtenida es correcta lo que valida la utilización de una red neuronal para clasificar las imágenes y el aprendizaje de la red utilizado.

Se utilizaron las métricas definidas sobre el conjunto de prueba obteniéndose los siguientes resultados.

	Min	Max	Medio
Discriminación	71	86	78
Confiabilidad	55	81	77

El alto valor medio obtenido en la confianza y discriminación es un indicador de la corrección del método habida cuenta de que todas las clasificaciones fueron realizadas correctamente. Los valores mínimos obtenidos se obtuvieron de las imágenes con mayor nivel de ruido, su correcta clasificación es así mismo, un indicador de la robustez del método.

### **Procesamiento de marcas**

Dado el carácter incremental utilizado en las pruebas de evaluación del método propuesto los resultados obtenidos en la sección anterior, son en sí un indicador de la calidad de todo el proceso de identificación de marcas en fotografías. En base a estos datos se admite el procesamiento propuesto como válido para el conjunto de prueba analizado.

## **4.2 - Desarrollo de la solución**

En esta sección se exponen las actividades realizadas para construir una solución basada en un sistema software al problema planteado en esta tesis siguiendo la metodología Métrica en su versión 3 [Métrica versión 3]. Se documenta en primer lugar los procesos principales en la sección 4.2.1 y a continuación las interfaces en la sección 4.2.2

### **4.2.1 - Procesos Principales**

Se documenta en este capítulo los procesos principales del desarrollo realizado siguiendo la metodología Métrica en su versión 3 [Métrica versión 3]. Estos comprenden:

- Planificación de sistemas de información
- Estudio de viabilidad del sistema
- Análisis de sistemas de información
- Diseño de sistemas de información
- Construcción de sistemas de información
- Implantación y aceptación de la solución
- Mantenimiento del sistema de información

#### **Planificación del Sistemas de Información**

El Plan de Sistemas de Información tiene como objetivo la obtención de un marco de referencia para el desarrollo de sistemas de información que responda a los objetivos estratégicos de la organización [Métrica versión 3].

#### **Actividad PSI 1: Inicio del Plan de Sistemas de Información**

El objetivo de esta actividad es determinar la necesidad del Plan de Sistemas de Información y llevar a cabo el arranque formal del mismo, con el apoyo del nivel más alto de la organización [Métrica versión 3].

#### **Tarea PSI 1.1: Análisis de la Necesidad del PSI**

#### **Informe de salida: Descripción general del PSI.**

#### **Aprobación de inicio del PSI.**

En una reunión realizada en las oficinas de CAPIS / ITBA el primero de diciembre del 2005 se aprueba el comienzo de Plan de Sistemas de Información en el que se

enmarca este trabajo de tesis. El trabajo es presentado por su autor, el Lic. Pablo Behrend siendo aprobado por el comité revisor designado a tal efecto integrado por el Dr. Ramón García Martínez y la M. Ing. Alejandra Ochoa.

## **Tarea PSI 1.2: Identificación del Alcance del PSI**

### **Informe de salida: Descripción general del PSI**

#### **Ámbito y objetivos del PSI:**

El ámbito de aplicación de este PSI es el de la industria Siderúrgica, más precisamente el seguimiento de los materiales fabricados (tubos de acero en este caso) a través de su vida útil.

#### **Objetivos estratégicos relacionados con el PSI**

La identificación individual de tubos de acero tiene un interés estratégico. Por una lado, desde el punto de vista productivo porque permite tomar decisiones sobre como seleccionar los tubos a utilizar para un uso particular y además desde un punto de vista legal, porque permite mantener documentación sobre los resultados de las pruebas a que fue sometido cada tubo que puede consultarse en caso de producirse fallas en las tuberías de petróleo una vez instaladas.

En la industria siderúrgica resulta cotidiana la necesidad de integrar fuentes muy diversas de información procedentes de entornos tecnológicos con distinto grado de actualización y sistemas software adaptados a sus necesidades estratégicas en distintos grados. A esto se agrega el hecho de que este tipo de empresas están conformadas habitualmente por grupos con sedes en un gran número de países y deben funcionar coordinadamente.

En un caso de aplicación en la industria sería pues necesario realizar un análisis que excede el objetivo académico de esta tesis y considerar muchos más elementos que el único planteado en este trabajo, es decir, el de la identificación de los tubos. Por otro lado es necesario también tener en cuenta que esta información no tendría carácter público y su circulación se vería restringida a los responsables de la empresa en cuestión.

#### **Factores críticos del éxito**

Dentro de los factores determinantes para la realización de este trabajo se encuentran:

1. La voluntad de los responsables de la planta de aceptar los costos de instalación y puesta en marcha del sistema dado que resulta necesario interrumpir la producción con tales objetivos así como también explicar a los auditores impuestos por los clientes de la fábrica que estos procedimientos

no alteran la posibilidad de la misma de cumplir en tiempo y forma los contratos firmados.

2. La capacidad y la disponibilidad económica y técnica para construir o adquirir los dispositivos de marcación de tubos y fotografiado de las marcas fresadas en los mismos.
3. La disponibilidad de recursos humanos con calificación y experiencia en trabajos de investigación y desarrollo en las áreas de procesamiento digital de señales, procesamiento de imágenes e inteligencia artificial.
4. La disponibilidad de recursos humanos con conocimientos en ingeniería de software y experiencia en la implementación de sistemas.

### **Tarea PSI 1.3: Determinación de los responsables**

#### **Informe de salida: Descripción general del PSI**

##### **Responsables del PSI**

Los responsables del presente plan de sistemas de información y así como de los proyectos que de él se desprenden son:

- ✦ Dr. Ramón García Martínez en el rol de director de tesis.
- ✦ M. Ing. Alejandra Ochoa en el rol de codirectora de tesis.
- ✦ Lic. Pablo Behrend, quien tiene a su cargo la planificación y ejecución del proyecto.

Todos los involucrados comunican su aceptación sobre las responsabilidades que les competen.

### **Actividad PSI 2: Definición y Organización del PSI**

En esta actividad se detalla el alcance del plan, se organiza el equipo de personas que lo va a llevar a cabo y se elabora un calendario de ejecución. [Métrica versión 3].

### **Tarea PSI 2.1: Especificación del Ámbito y Alcance**

#### **Informe de salida: Descripción general de procesos de la organización afectados**

La posibilidad de identificar los tubos afecta una proporción significativa de la organización, dado que aumenta el nivel de discriminación en que puede manejarse la información, pasando de conjuntos de tubos (dados por el pedido de un cliente o una colada, es decir tubos de un mismo acero) a la manipulación de la

historia de cada tubo individualmente. Esto afecta los procesos de fabricación, control de calidad, pruebas y ensayos, almacenamiento, transporte, instalación así como también la asesoría legal.

## **Informe de salida: Catálogo de objetivos del PSI**

### **Objetivos generales**

El objetivo general planteado consiste en mejorar las prestaciones brindadas a los clientes a partir de mejorar las posibilidades de uso de los tubos, ya sea optimizando la selección de los tubos para su utilización así como también brindando mayor seguridad sobre las características y calidad de cada tubo individualmente.

### **Objetivos específicos de cada proceso**

- ✘ **Fabricación:** La identificación individual de cada tubo permitirá mejorar los planes de mejoramiento de la calidad y aumentar la confiabilidad de los resultados utilizados en la toma de decisiones.
- ✘ **Control de Calidad:** Mejorar los procesos de toma de decisión sobre la factibilidad de certificar que un tubo dado cumple los requisitos de calidad impuestos por el cliente, haciendo a la vez más eficiente el proceso evitando pruebas innecesarias.
- ✘ **Pruebas y ensayos:** Aumentar las prestaciones disponibles, pudiendo indicar no solo valores estadísticos (medios, máximos y mínimos para un lote tubos) sino además las características individuales obtenidas para cada tubo.
- ✘ **Instalación:** Mejorar la selección de los tubos durante la construcción de los pozos petroleros optimizando la calidad de las uniones entre los mismos.
- ✘ **Asesoría legal:** Obtener mayor documentación de respaldo sobre la calidad y pruebas a que es sometido cada tubo.

Todos estos requisitos de alto nivel pueden traducirse en la necesidad de identificar en forma confiable cada tubo individualmente.

## Tarea PSI 2.2: Organización del PSI

### Informe de salida: Catálogo de usuarios

Los usuarios participantes<sup>2</sup> deberán conocer en profundidad las necesidades de su sector y le será delegada la responsabilidad de velar por la inclusión de las necesidades del sector en cuestión en lo que a PSI refiere.

Los usuarios seleccionados serán:

- ✘ Sector Producción: 1 miembro
- ✘ Sector Control de calidad: 1 miembro
- ✘ Sector Pruebas y ensayos: 1 miembro
- ✘ Asesoría legal: 1 miembro
- ✘ Instalación : 1 miembro

### Equipos de trabajo

El equipo de trabajo para este PSI está compuesto por

- ✘ Lic. Pablo Behrend. Quien tiene a su cargo las tareas ejecutivas.
- ✘ el Dr. Ramón García Martínez , M. Ing. Alejandra Ochoa. Sobre quienes recae la responsabilidad de aprobar el plan.

## Tarea PSI 2.3: Definición del Plan de Trabajo

### Informe de salida: Plan de trabajo

Planificación SI	12 days	Mon 19/12/05	Tue 03/01/06	
Inicio del PSI	2 days	Mon 19/12/05	Tue 20/12/05	
Organización del PSI	2 days	Wed 21/12/05	Thu 22/12/05	
Estudio de la Información Relevante	0.5 days	Fri 23/12/05	Fri 23/12/05	
Identificación de Requisitos	3 days	Fri 23/12/05	Wed 28/12/05	
Estudio de los SI Actuales	0.5 days	Wed 28/12/05	Wed 28/12/05	
Diseño del Modelo de SI	1 day	Thu 29/12/05	Thu 29/12/05	
Definición de la Arquitectura Tecnológica	1 day	Fri 30/12/05	Fri 30/12/05	
Definición del Plan de Acción	1 day	Mon 02/01/06	Mon 02/01/06	
Elaboración del Plan de Mantenimiento	1 day	Tue 03/01/06	Tue 03/01/06	

<sup>2</sup> Se asume la existencia de una estructura empresarial ficticia para mostrar un posible desarrollo de este punto.

<b>Informe de Salida</b>	<b>Fecha</b>
<b>PSI 1</b>	
Descripción general del PSI	20/12/05
<b>PSI 2</b>	
Descripción general de procesos de la organización afectados	22/12/05
Catálogo de objetivos de PSI	22/12/05
Catálogo de usuarios	22/12/05
Equipos de trabajo	22/12/05
Plan de trabajo	22/12/05
<b>PSI 3</b>	
Valoración de antecedentes	23/12/05
Catálogo de requisitos	23/12/05
Requisitos generales	23/12/05
<b>PSI 4</b>	
Modelo de procesos de la organización	28/12/05
Necesidades de información	28/12/05
Modelo de información	28/12/05
Catálogo de requisitos:	28/12/05
Requisitos de los procesos afectados por el PSI	28/12/05
<b>PSI 5</b>	
Catálogo de objetivos de PSI	28/12/05

Objetivos del estudio de los Sistemas de Información actuales	28/12/05
Identificación de Sistemas de información actuales	28/12/05
Descripción general de sistemas de información actuales	28/12/05
Valoración de la situación actual	28/12/05
<b>PSI 6</b>	
Diagnóstico de la situación actual:	29/12/05
Modelo de sistemas de información	29/12/05
<b>PSI 7</b>	
Alternativas de arquitectura tecnológica	30/12/05
Arquitectura tecnológica	30/12/05
<b>PSI 8</b>	
Plan de proyectos:	02/01/06
Plan de mantenimiento del PSI	02/01/06
<b>PSI 9</b>	
Plan de presentación	03/01/06
Resultado de las sesiones de trabajo	03/01/06
Presentación	03/01/06
Catálogo de requisitos del PSI	03/01/06
Arquitectura de información	03/01/06
Plan de acción	03/01/06
Aprobación formal del PSI	03/01/06
Plan de comunicación del PSI	03/01/06

## **Tarea PSI 2.4: Comunicación del Plan de Trabajo**

### **Informe de salida: Plan de trabajo**

#### **Aceptación del plan de trabajo**

Dado el carácter académico del presente trabajo, no existiendo usuarios reales, el plan de trabajo es aceptado por los profesores tutores M. Ing. Alejandra Ochoa y Dr. Ramón García Martínez quienes da su conformidad y aval a la planificación antes expuesta.

### **Actividad PSI 3: Estudio de la Información Relevante**

El objetivo de esta actividad es recopilar y analizar todos los antecedentes generales que puedan afectar a los procesos y a las unidades organizativas implicadas en el Plan de Sistemas de Información, así como a los resultados del mismo [Métrica versión 3].

## **Tarea PSI 3.1: Selección y Análisis de Antecedentes**

### **Informe de salida: Análisis de antecedentes**

Las siguientes normas emitidas por American Petroleum Institute son de aplicación en la marcación de tubos:

- API 5L
- API 5B
- API 5CT

## **Tarea PSI 3.2: Valoración de Antecedentes**

### **Informe de salida: Catálogo de requisitos**

Se prevé la realización de un análisis del cumplimiento de las Normas API 5 cuando se disponga de un lote de 500 tubos marcados. Sin embargo esta tarea se asigna al departamento de control de calidad y no forma parte de este plan de sistemas de información.

### **Actividad PSI 4: Identificación de Requisitos**

El objetivo final de esta actividad va a ser la especificación de los requisitos de información de la organización, así la obtención de un modelo de información que los complemente [Métrica versión 3].

## Tarea PSI 4.1: Estudio de los Procesos del PSI

### Informe de salida: Modelo de procesos de la organización

Las áreas involucradas por este PSI son:

- ✘ **Fabricación:** Tiene a su cargo el proceso de transformación del acero en tubos que cumplen un conjunto determinado de especificaciones (Diagrama PSI 1)
- ✘ **Control de Calidad:** Tiene a su cargo verificar que todos los tubos fabricados cumplen las especificaciones requeridas contractualmente, las impuestas internamente por la propia empresa y que se han cumplido todas las normas de fabricación y control establecidas (**Diagrama PSI 2**).
- ✘ **Pruebas y Ensayos:** Tiene a su cargo la realización de ensayos especiales (destruictivos o no) cuando estos son requeridos ya sea por el Área de Fabricación como de Control de Calidad (Diagrama PSI 3).
- ✘ **Almacenamiento:** Tiene a su cargo el manejo del stock de tubos desde su terminación hasta su despacho (Diagrama PSI 4).
- ✘ **Transporte:** Tiene a su cargo el manejo de los tubos desde su despacho hasta la recepción por parte del cliente (Diagrama PSI 4).
- ✘ **Instalación:** Tiene a su cargo la provisión de servicios en la boca de los pozos petroleros(Diagrama PSI 4).
- ✘ **Asesoría Legal:** Tiene a su cargo la supervisión del cumplimiento de las normas legales establecidas por la empresa y la representación de los intereses de la misma en controversias legales frente a terceros (Diagrama PSI 5).

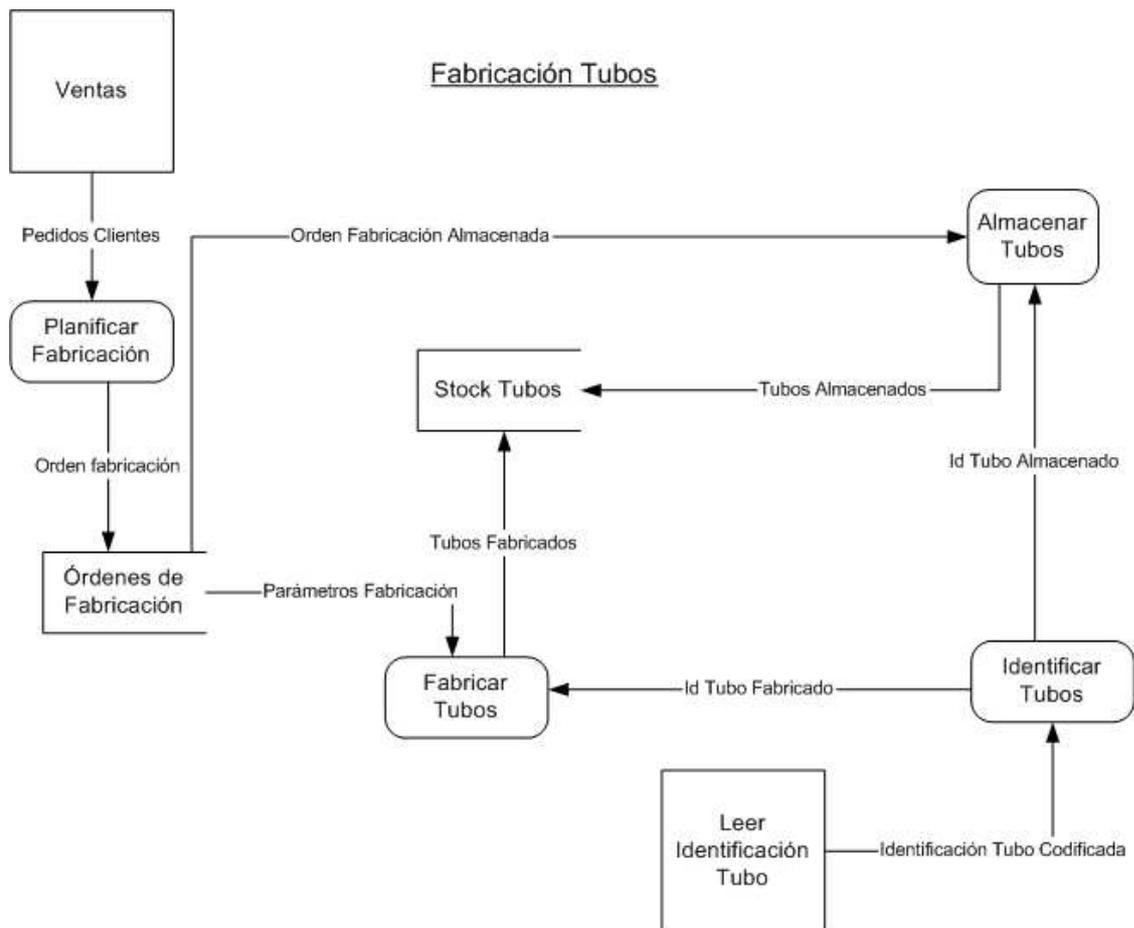


Diagrama PSI 1 Fabricación de tubos

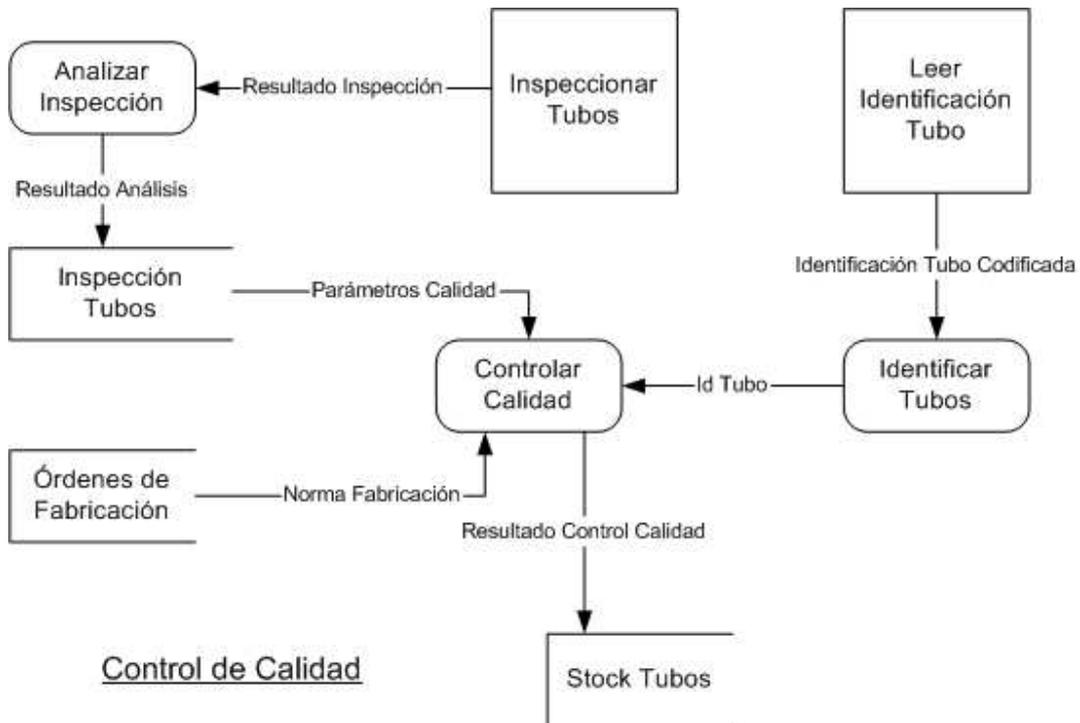
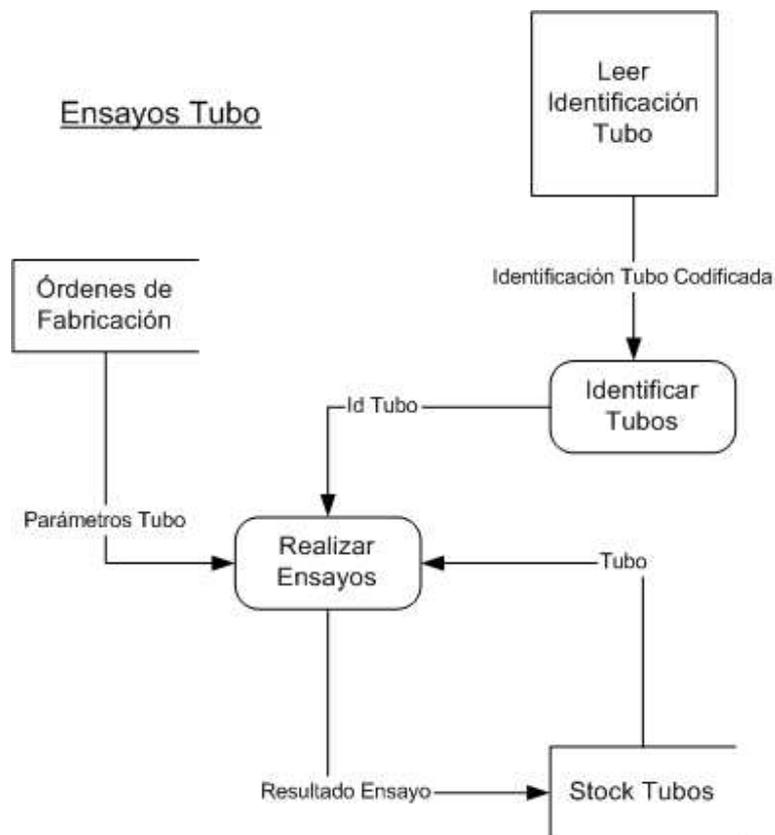


Diagrama PSI 2 Control de calidad



**Diagrama PSI 3 Ensayos Tubo**

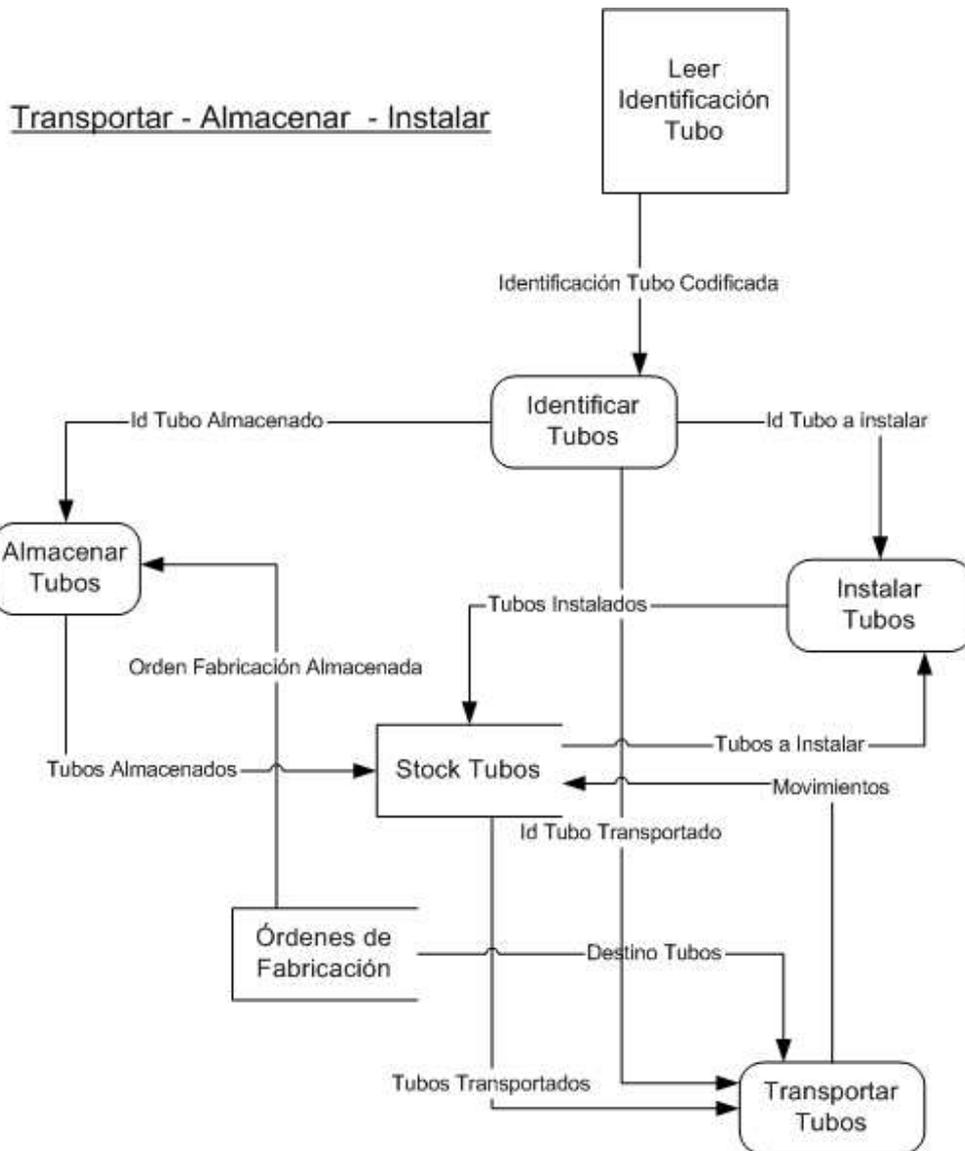


Diagrama PSI 4 Transportar – Almacenar - Instalar

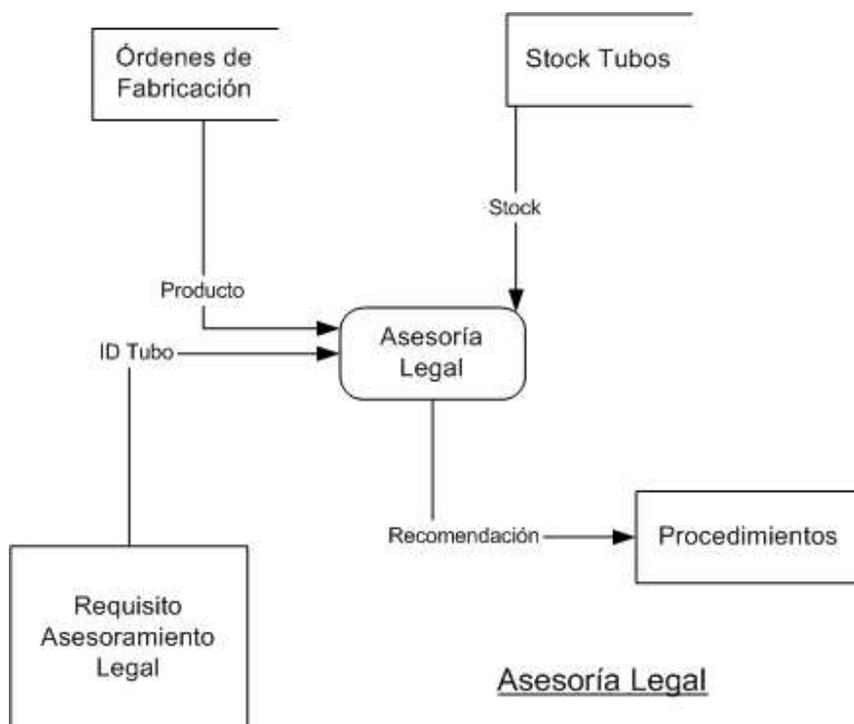


Diagrama PSI 5 Asesoría legal

## Tarea PSI 4.2: Análisis de las Necesidades de Información

### Informe de salida: Necesidades de Información

De la información recabada y su análisis surge la necesidad de identificar individualmente los tubos. Esta identificación deberá ser resistente al tratamiento que se da a los tubos tanto en la planta como durante su transporte. De esta forma será posible dar cuenta de las necesidades planteadas por los distintos sectores afectados.

### Informe de salida: Modelo de Información

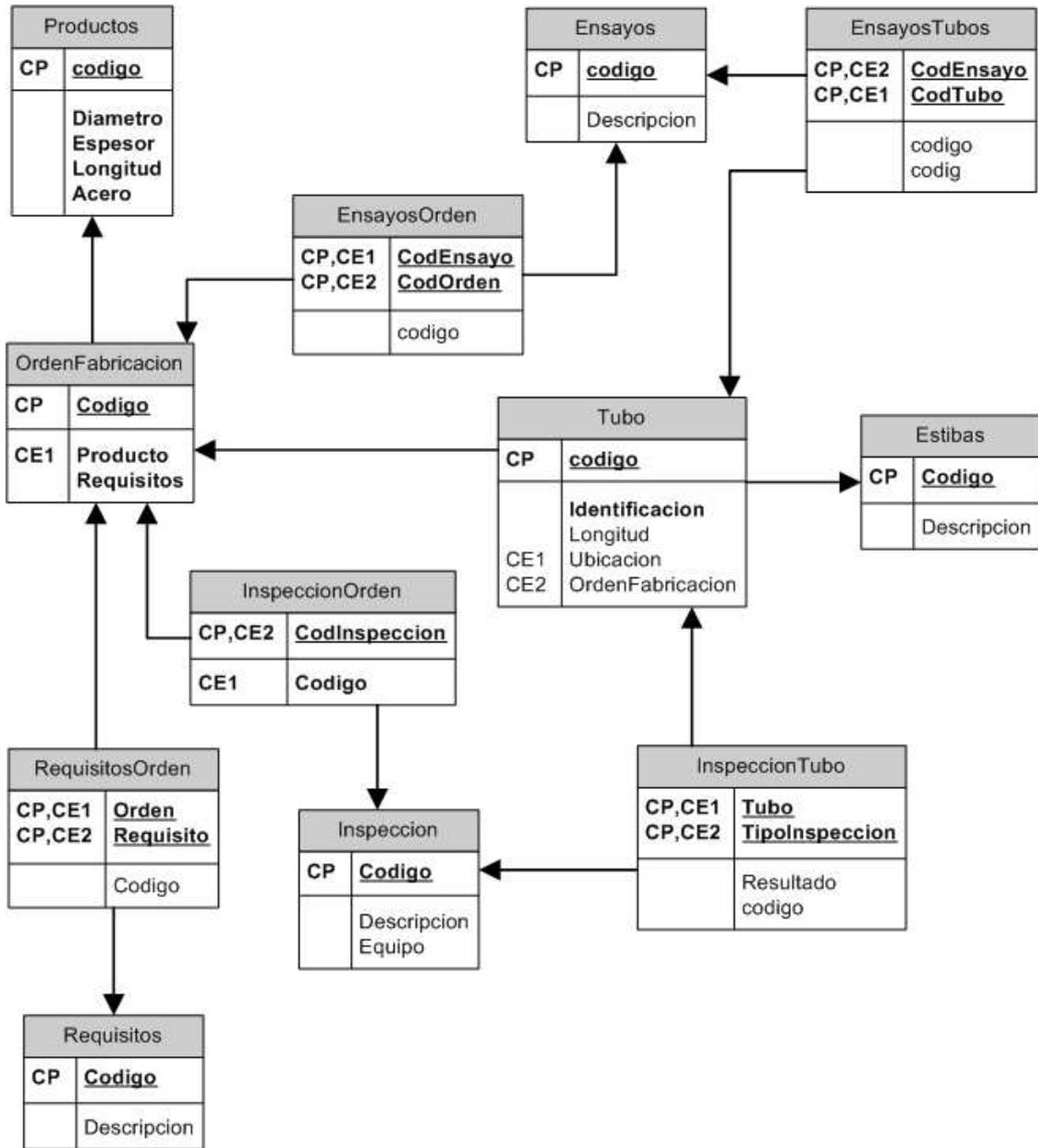


Diagrama PSI 6 Modelo de datos

### Tarea PSI 4.3: Catalogación de Requisitos

#### Informe de salida: Catálogo de requisitos

Los requisitos contemplados en este PSI derivados de lo antes expuesto son:

- ☒ Identificar para cada tubo los parámetros de fabricación a que fue sometido.
- ☒ Identificar para cada tubo las pruebas y ensayos a que fue sometido.
- ☒ Identificar para cada tubo los resultados de las pruebas y ensayos a que fue sometido y su cronología.
- ☒ Relacionar los parámetros de fabricación de un tubo con los resultados de las pruebas y ensayos con el objeto de mejorar la calidad de la fabricación.

Estos requisitos de alto nivel se traducen en:

1. Identificación de tubos: La necesidad de Identificar los tubos individualmente de forma unívoca.
2. Formato de identificación: Para identificar los tubos se utilizará un código con el formato XXXX\YYYY. Los primeros cuatro dígitos (números entre cero y nueve) identificarán al proceso de fabricación del tubo y los siguientes cuatro dígitos (números entre cero y nueve) al tubo en sí.
3. Robustez de la marcación. Deberá ser inmune a los golpes y fricciones que recibe el tubo durante su manipulación.
4. Automatización: La marca debe poder realizarse en forma automática y leerse en forma automática y manual (es decir debe poder ser leída también por una persona).
5. Confiabilidad de la información: La solución encontrada debe permitir evaluar la confiabilidad de las identificaciones leídas.
6. Control de calidad: La metodología planteada debe permitir evaluar la calidad de las marcas incorporadas en los tubos de forma tal de rechazar marcas no reconocibles por el sistema.

Esos requisitos son todos igualmente prioritarios (y de prioridad máxima) ya que constituyen los requisitos básicos de la necesidad planteada.

Otros requisitos deseables son:

7. La información sobre los tubos disponible a partir de su identificación individual debe ser accesible desde la Intranet de la empresa.
8. La información sobre los tubos disponible a partir de su identificación individual se debe poder enviar a los clientes en documentos electrónicos con formatos estandarizados.

### **Actividad PSI 5: Estudio de los Sistemas de Información Actuales**

El objetivo de esta actividad es obtener una valoración de la situación actual al margen de los requisitos del catálogo, apoyándose en criterios relativos a facilidad

de mantenimiento, documentación, flexibilidad, facilidad de uso, etc. [Métrica versión 3].

### **Tarea PSI 5.1: Alcance y Objetivos del Estudio de los Sistemas de Información Actuales**

#### **Informe de salida: Catálogo de objetivos del PSI**

##### **Objetivos del estudio de los sistemas de información actuales**

El objetivo de este estudio sobre los sistemas de información actuales es analizar con que herramientas se cuenta para avanzar en la cobertura de la necesidad planteada de identificar en forma automática los tubos de acero fabricados. De esta forma será posible determinar las necesidades sin cubrir y por ende los sistemas de información a desarrollar.

El proceso de identificación planteado consta de tres grandes ítems:

1. **Marcación del tubo.** Es decir el agregado de la identificación al tubo.
2. **Lectura de la marca.** Lo que implica extraer de alguna forma la marca de un dado tubo.
3. **Análisis de la marca.** Este punto consiste en identificar el tubo interpretando la lectura realizada en el paso anterior.

El objetivo del presente análisis es establecer de los tres pasos requeridos cuales se encuentran cubiertos por los sistemas de información actualmente disponibles.

#### **Informe de salida: Identificación de sistemas de información actuales afectados por el PSI**

Se cuenta actualmente con los siguientes sistemas en relación al presente PSI:

- ✕ **Sistema de Marcación (Fresado) de Tubos:** Provee todo el soporte necesario para fresar en forma automática una marca en un tubo.
- ✕ **Sistema de Fotografía de Marcas de Tubos:** Provee la funcionalidad necesaria para tomar en tiempo real una fotografía de la marca fresada en un tubo.

## **Tarea PSI 5.2: Análisis de los Sistemas de Información Actuales**

### **Informe de salida: Descripción general de sistemas de información actuales**

#### **Sistema de Marcación (Fresado) de Tubos**

Este sistema permite configurar una fresadora para que grave en forma automática el código deseado en un tubo. Tiene herramientas de diagnóstico que permiten identificar problemas en su funcionamiento para facilitar su resolución. Su facilidad de uso, confiabilidad, robustez y tiempo de respuesta ha pasado severas pruebas y cuenta con la aceptación de los usuarios que han sido capacitados para su uso. Se dispone de la documentación necesaria para su mantenimiento futuro y la arquitectura del software del mismo es modular de forma tal de ser flexible a cambios en la herramienta de fresado y conectividad.

#### **Sistema de Fotografía de Marcas de Tubos**

Este sistema toma una foto de un tubo fresado. Es capaz de detectar en forma aproximada la zona de interés y manejar las condiciones necesarias de luz y demás parámetros para obtener una foto de calidad aceptable en entornos industriales. Su facilidad de uso, confiabilidad, robustez y tiempo de respuesta ha pasado severas pruebas de aceptación y cuenta con la aprobación de los usuarios que han sido capacitados para su uso. Se cuenta con la documentación necesaria para su mantenimiento futuro y la arquitectura de software con que está construido es modular de forma tal de ser flexible a cambios en la cámara de fotografía utilizada.

## **Tarea PSI 5.3: Valoración de los Sistemas de Información Actuales**

### **Informe de salida: Valoración de los sistemas de información actuales**

Los sistemas de información actuales descritos en este PSI han mostrado ser eficientes, confiables y correctos y tienen un alto grado de aceptación entre los operadores y los responsables de las áreas afectadas por cuanto se muestran robustos y de fácil operación.

#### **Actividad PSI 6: Diseño del Modelo de Sistemas de Información**

El objetivo de esta actividad es identificar y definir los sistemas de información que van a dar soporte a los procesos de la organización afectados por el Plan de Sistemas de Información [Métrica versión 3].

## **Tarea PSI 6.1: Diagnóstico de la Situación Actual**

### **Informe de salida: Diagnóstico de la situación actual**

#### **Relación de sistemas de información que se conservan y mejoras necesarias**

Los sistemas de información disponibles (PSI 5) cubren parcialmente los objetivos fijados en este PSI. Es decir permiten marcar un tubo (Paso 1 en el catálogo de objetivos del PSI) y fotografiar esta marca (Paso 2 en el catálogo de objetivos del PSI), sin embargo no son capaces de interpretar en forma automática la marca fresada (Paso 3 en el catálogo de objetivos del PSI).

Los dos sistemas descritos (PSI 5.2) que cubren parcialmente los requisitos, se encuentran adecuadamente instalados habiendo pasado las pruebas de aceptación. Se los considera por lo tanto necesarios, apropiados y confiables para la funcionalidad que proveen.

Dado la situación actual descrita se hace necesario el desarrollo de un nuevo conjunto de sistemas para dar soporte básicamente al requisito derivado del (Paso 3 en el catálogo de objetivos del PSI), es decir la interpretación de una fotografía con la marca de un tubo.

## **Tarea PSI 6.2: Definición del Modelo de Sistemas de Información**

### **Informe de salida: Modelo de sistemas de información**

Se decide para este PSI contemplar los requisitos marcados como prioritarios (requisitos del 1 al 6) los cuales serán cubiertos por la siguiente aplicación:

- Sistema de Identificación de Tubos

Este sistema asegurará el cumplimiento de los requisitos enumerados 1 a 6 (integrado con los sistemas existentes). Deberá tener una arquitectura que permita su reutilización en múltiples instalaciones en la planta con un bajo costo y funcionará en forma no supervisada, es decir sin requerir la presencia de un operador en forma constante.

El sistema deberá operar bajo del modelo cliente servidor / servidor. No debiendo hacer ninguna suposición sobre las características de sus clientes, quienes si dispondrán de la información necesaria para requerir sus servicios correctamente.

El servidor en cuestión definirá un conjunto pequeño de interfaces a través de la que expondrá los servicios prestados a sus clientes, ocultándoles todo detalle de implementación y utilizando un mecanismo que permita actualizar el servidor sin modificar los ejecutables de los clientes.

Las interfaces del servidor serán expuestas a través de mecanismos estándar.

### **Actividad PSI 7: Definición de la Arquitectura Tecnológica**

En esta actividad se propone una arquitectura tecnológica que de soporte al modelo de información y de sistemas de información incluyendo [Métrica versión 3].

#### **Tarea PSI 7.1: Identificación de las Necesidades de Infraestructura Tecnológica**

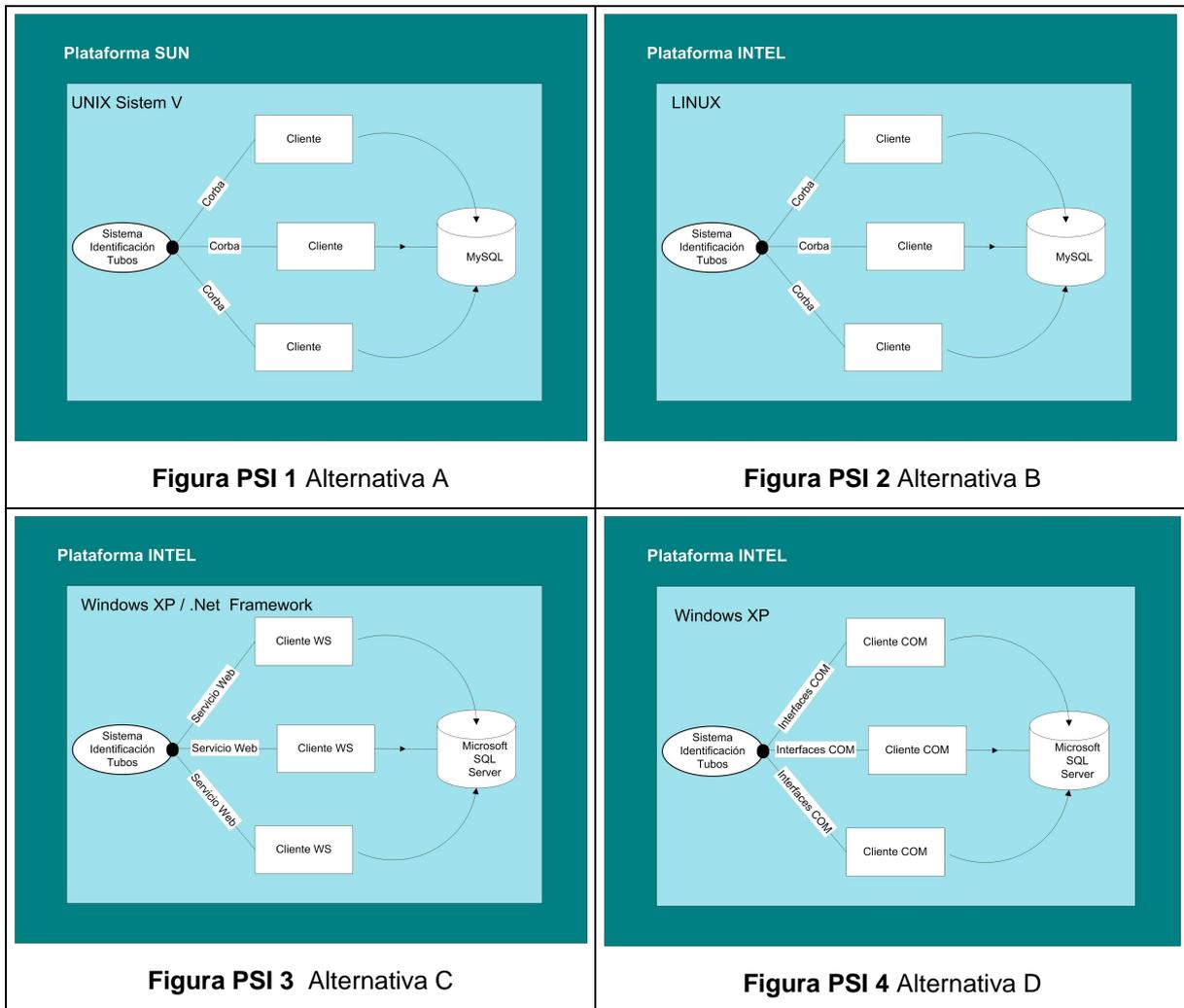
##### **Informe de salida: Alternativas de arquitectura tecnológica**

Para afrontar las cuestiones planteadas en el catálogo de requisitos se evalúan factibles las siguientes alternativas tecnológicas:

- A. Plataforma SUN / Sistema Operativo UNIX (System V) / CORBA / Base de datos MySQL (Figura PSI 1)
- B. Plataforma INTEL / Sistema Operativo LINUX/ CORBA / MySQL (Figura PSI 2)
- C. Plataforma INTEL / Sistema Operativo Windows XP/ .Net Framework / Base de datos MS SQL Server (Figura PSI 3)
- D. Plataforma INTEL / Sistema Operativo Windows XP / COM / Base de datos MS SQL Server (Figura PSI 4)

Las cuatro opciones mencionadas proveen un entorno multiusuario, con múltiples hilos de ejecución concurrentes, mecanismos de restricción y auditoría de accesos, soporte a protocolos de comunicación Standard (TCP/IP) y un mecanismo de comunicación y modularización a nivel binario con soporte de mecanismos de detección de la funcionalidad ofrecida por quien brinda un servicio en tiempo de ejecución.

Si bien los requisitos enumerados para este trabajo académico no implican la necesidad de una base de datos, en una situación de explotación real sería necesario considerar su uso, por lo que se agrega como parte de la estructura tecnológica planteada en este PSI.



## Tarea PSI 7.2: Selección de la Arquitectura Tecnológica

### Informe de salida: Arquitectura tecnológica

Las opciones tecnológicas A y B se descartan dado que implican un costo mucho mayor en el contexto de este trabajo. Por un lado no se dispone de estaciones de trabajo SUN ni de instalaciones del sistema operativo LINUX, que aunque puede obtenerse en forma gratuita bajo licencias tipo CopyLeft, implican un costo de instalación y mantenimiento, además del hardware necesario para alojarlo.

Las opciones C y D se encuentran disponibles actualmente.

Desde un punto de vista tecnológico resulta claramente superior la opción C, dadas las múltiples ventajas de basar los desarrollos en .Net (en comparación con las aplicaciones tradicionales de Windows + COM). Entre estas ventajas se

encuentran la disponibilidad de un nivel de abstracción para el lenguaje de desarrollo que implica la posibilidad de utilizar múltiples lenguajes (sintaxis) en un mismo proyecto a nivel del código, la posibilidad de ofrecer servicios de seguridad, restricción de acceso y ejecución a nivel de cada función que se ejecuta, la posibilidad de construir aplicaciones multiplataforma (Hardware) e independiente del sistema operativo, etc.

Sin embargo la opción seleccionada para el contexto analizado es la D. Motiva esta decisión fundamentalmente el hecho de que se cuenta con las herramientas de desarrollo necesarias además de recursos humanos adecuadamente capacitados no contemplándose la incorporación de nuevo personal ni la capacitación del existente en el período que abarca este plan de sistemas.

Con esta elección para el entorno tecnológico de ejecución para la solución a implementar se selecciona por los motivos antes expuestos Delphi 7 como herramienta de desarrollo (que implementa Object Pascal como lenguaje de programación).

La plataforma Intel a utilizar será un Pentium IV 1.3Ghz con 256Mbytes de memoria RAM y 40Gbytes de espacio en el disco rígido. Las otras características del hardware no se consideran relevantes, siendo cualquier opción de las que actualmente ofrece el mercado igualmente satisfactoria.

### **Actividad PSI 8: Definición del Plan de Acción**

En el Plan de Acción, que se elabora en esta actividad, se definen los proyectos y acciones a llevar a cabo para la implantación de los modelos de información y de sistemas de información determinados en las actividades Identificación de Requisitos (PSI 4) y Diseño del Modelo de Sistemas de Información (PSI 6), con la arquitectura tecnológica propuesta en la actividad Definición de la Arquitectura Tecnológica (PSI 7). El conjunto de estos tres modelos constituye la arquitectura de información [Métrica versión 3].

### **Tarea PSI 8.1: Definición de Proyectos a Realizar**

#### **Informe de salida: Plan de Proyectos**

#### **Definición de proyectos**

El presente plan de sistemas de información incluye la ejecución de un solo proyecto cuyo objetivo es implementar una metodología que permita identificar utilizando fotografías, códigos fresados en tubos de acero.

El recurso humano disponible para este desarrollo lo constituye el autor de esta tesis y la ejecución del mismo dará comienzo inmediatamente a partir de la aprobación del presente plan de sistemas de información por los directores de tesis siendo la duración estimada del proyecto de 7 meses hombre.

El proyecto global abordado en esta tesis tiene dos fases bien diferenciadas:

- Fase de investigación: involucra encontrar la solución al problema, es decir, determinar el tipo de procesamiento matemático a aplicar a las imágenes para poder reconocer las identificaciones de los tubos que contienen.
- Fase de construcción de la solución: la constituye el desarrollo de un sistema software que provea esta funcionalidad como un servicio a clientes, además de una herramienta de pruebas que permitiendo ensayar distintos tipos de procesamiento facilite la fase de investigación.

### **Factores críticos de éxito**

El riesgo en este trabajo se centra en la fase de investigación, dado que no se conoce a priori la solución buscada y exige investigación. La fase de implementación de la solución no reviste mayor criticidad, dado que se controlan las variables principales para su ejecución, las interfases externas, los recursos humanos, su motivación y formación, los recursos tecnológicos y de soporte, la decisión de disponer de todos los elementos necesarios ya que se asigna una muy alta prioridad a la cuestión planteada. Por este motivo, fuera de la tarea de investigación y atendiendo a la temática analizada en este PSI, los mayores riesgos residen en las cuestiones de entorno, que como involucran una entidad de reconocida trayectoria (la universidad) no revisten un riesgo significativo.

### **Prioridad de proyectos**

Este PSI involucra un solo proyecto por lo tanto la asignación de prioridades es trivial.

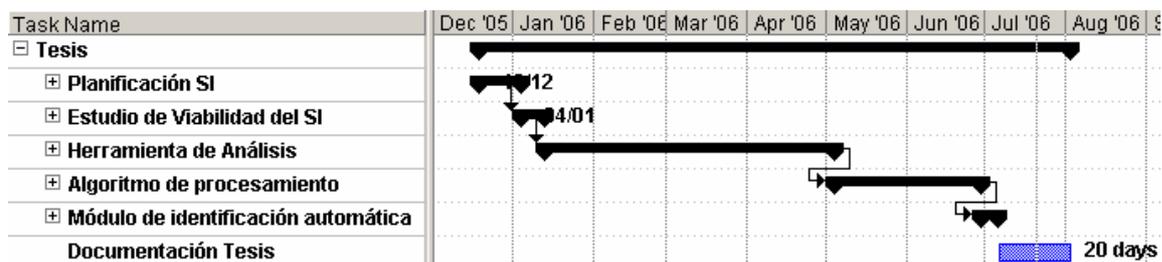
### **Calendario de proyecto y acciones**

La estructura básica para este PSI que contiene un proyecto cuyo objetivo es identificar en forma automática una marca contenida en una fotografía de un tubo es la siguiente:

1. Desarrollo de una herramienta de análisis y pruebas.
2. Desarrollo del algoritmo de procesamiento
3. Desarrollo del módulo de identificación de marcas.

Todas las tareas relacionadas con el desarrollo serán llevadas adelante por Pablo Behrend quien asumirá los roles necesarios a tal efecto (y que se detallan más adelante en este documento), quedando una instancia de control a cargo del Dr. Ramón García Martínez y la M. Ing. Alejandra Ochoa.

Las fechas tentativas de finalización de estas tareas son



Fase	Fecha
Herramienta de análisis y pruebas	04/05/06
Algoritmo de procesamiento	29/06/06
Identificación de marcas	03/07/06

Cada fase se comienza al darse por aprobada la fase anterior, dándose comienzo al inicio de las tareas con la aprobación de este Plan de sistemas de Información.

## Tarea PSI 8.2: Elaboración del Plan de Mantenimiento del PSI

**Informe de salida: Plan de Mantenimiento del PSI**

### Productos del PSI

Los siguientes productos de este PSI serán sujetos del plan de mantenimiento del mismo.

- Catálogo de requisitos
- Arquitectura tecnológica
- Plan de proyectos

Serán tratados como elementos de configuración independientes. Los procedimientos y responsables de su modificación así como los encargados de auditar y controlar su estado, visibilidad y ubicación deberán ajustarse a lo especificado en el manual de Gestión de Configuración incluido en la interfaz respectiva en este documento.

## **Actividad PSI 9: Revisión y Aprobación del PSI**

Esta actividad tiene como objetivo contrastar con los responsables de la dirección el Plan de Sistemas de Información la arquitectura de información y el plan de acción elaborados anteriormente, para mejorar la propuesta si se considera necesario y por último, obtener la aprobación final [Métrica versión 3].

### **Tarea PSI 9.1: Convocatoria de la Presentación**

#### **Informe de salida: Plan de presentación**

Este Plan de Sistemas de Información se desarrolla en el marco del trabajo de Tesis para la carrera de postgrado del Instituto Tecnológico de Buenos Aires y la Universidad Politécnica de Madrid. En el se brinda un marco organizado y metódico de solución a la problemática de identificar en forma automática tubos de acero fabricados para la industria del petróleo.

El proceso de identificación se divide en tres etapas

1. Marcación del tubo.
2. Lectura de la marca.
3. Análisis de la marca.

Contándose en la actualidad con soluciones apropiadas para las primeras dos fases y quedando como requisito pendiente la tercera, es decir, el análisis de una fotografía que contiene la marca de un tubo para extraer su identificación.

Esta tarea es novedosa desde el punto de vista tecnológico no existiendo en la actualidad paquetes comerciales que resuelvan el problema. Por lo que al proceso de desarrollo de software que se hace necesario, se debe agregar una etapa de investigación respecto del procesamiento necesario para poder implementar la solución. En este punto se evalúa la posibilidad de mayor riesgo para el proyecto, por lo que se prevé el desarrollo de una herramienta que facilite y agilice las pruebas necesarias para minimizar los riesgos y tiempos requeridos.

La arquitectura tecnológica necesaria para este PSI fue seleccionada poniendo especial énfasis en minimizar costos y por esto se ha reutilizado facilidades y herramientas ya disponibles.

Por último en el siguiente cronograma se muestran las fechas de finalización del proyecto en general y cada fase en particular.

<b>Fase</b>	<b>Fecha</b>
Herramienta de análisis y pruebas	04/05/06
Algoritmo de procesamiento	29/06/06
Identificación de marcas	03/07/06
<b>Proyecto</b>	<b>28/07/06</b>

### **Tarea PSI 9.2: Evaluación y Mejora de la Propuesta**

No se encontraron mejoras o modificaciones al plan propuesto.

### **Tarea PSI 9.3: Aprobación del PSI**

#### **Informe de salida: Aprobación formal del PSI**

En una reunión mantenida en dependencias del ITBA el 3 de enero del 2006 entre el autor de esta tesis y los directores de tesis, se aprueba el presente Plan de Sistemas de Información habilitándose de esta forma a que se inicie la siguiente fase del desarrollo.

#### **Informe de salida: Plan de comunicación del PSI**

Se comunica al Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y al Lic. Pablo Behrend la aprobación del presente Plan de Sistemas de Información con fecha 03/01/06, dándose inicio a la ejecución de las tareas previstas.

## **Estudio de viabilidad del sistema**

El objetivo del Estudio de Viabilidad del Sistema es el análisis de un conjunto concreto de necesidades para proponer una solución a corto plazo teniendo en cuenta restricciones económicas, técnicas, legales y operativas [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD EVS 1: Establecimiento del Alcance del Sistema**

En esta actividad se estudia el alcance de la necesidad planteada realizando una descripción general de la misma. Se determinan los objetivos, se inicia el estudio de los requisitos y se identifican las unidades organizativas afectadas estableciendo su estructura. Se analizan las posibles restricciones, tanto generales como específicas, que puedan condicionar el estudio y la planificación de las alternativas de solución que se propongan [Métrica versión 3].

#### **Tarea EVS 1.1: Estudio de la Solicitud**

##### **Informe de salida: Descripción General del Sistema**

El sistema a desarrollar deberá interpretar un identificador alfanumérico contenido en la fotografía de la marca de un tubo de acero. Su entrada será una imagen codificada en un formato estándar y su salida una cadena de caracteres conteniendo la identificación del tubo. Se deberá suministrar así mismo, una valoración de la confianza obtenida en el resultado entregado.

Dado que es necesario un proceso de investigación y desarrollo para determinar el tipo de procesamiento matemático a aplicar a la fotografía, se desarrollará también una herramienta que facilite la exploración y pruebas necesarias. Esta herramienta permitirá leer una fotografía guardada en un archivo y someterla a un número variable de procesamientos matemáticos, mostrando en su interfaz de usuario la imagen resultante.

##### **Informe de salida: Catálogo objetivos EVS**

Para determinar la factibilidad de desarrollar las soluciones descritas en la Descripción General del Sistema es necesario:

- ☒ Especificar en forma precisa los objetivos del sistema.
- ☒ Determinar los requerimientos que lo enmarcan.
- ☒ Identificar si existen y resulta conveniente adquirir, paquetes de software comercial que provean parcial o totalmente algunas de las prestaciones requeridas.
- ☒ Identificar si existe la necesidad de contar con expertos en áreas ajenas a la ingeniería de software y en ese caso si estos se encuentran disponibles.

- ✘ Identificar los factores que concentran los mayores riesgos para el desarrollo.

Por lo que responder a estas inquietudes es el objetivo de este estudio.

### **Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Los requisitos impuestos a los sistemas de información a desarrollar producto de las consideraciones realizadas en la descripción general del sistema son:

- ✘ Proveer una herramienta de análisis y pruebas para dar soporte al proceso de investigación necesario para desarrollar el algoritmo de identificación de imágenes de marcas de tubos.
- ✘ Proveer un sistema capaz de interpretar en forma automática la fotografía de la marca de un tubo.

### **Tarea EVS 1.2: Identificación del Alcance del Sistema**

#### **Informe de salida: Descripción General del Sistema**

##### **Contexto del Sistema**

El PSI descrito en el capítulo " Planificación del Sistemas de Información " pone de manifiesto la existencia de un único proyecto (el módulo de identificación automática se espera involucre un esfuerzo pequeño una vez desarrollada la herramienta de análisis y pruebas) por lo que no cabe el análisis de posibles problemas de sincronización y dependencia entre proyectos. Sin embargo se debe tener en cuenta que los recursos disponibles para efectuar el desarrollo no se encuentran disponibles después del 01/09/06 por lo que el trabajo debe concluirse antes de esa fecha.

##### **Estructura organizativa**

Las siguientes unidades de la organización se ven afectadas por el sistema.

- ✘ Fabricación
- ✘ Control de Calidad
- ✘ Pruebas y ensayos
- ✘ Instalación
- ✘ Asesoría legal

**Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

**Requisitos Relativos a Restricciones o Dependencias con Otros Proyectos**

No existen restricciones relativas a otros proyectos o dependencias.

**Informe de salida: Catálogo de Usuarios**

Los responsables a quienes afecta el desarrollo son los expuestos en el correspondiente capítulo del PSI donde se dejó además constancia de su aceptación explícita del plan propuesto y esfuerzos de el devengados.

**Tarea EVS 1.3: Especificación del Alcance del EVS**

**Informe de salida: Catálogo de Objetivos del EVS**

**Objetivos del Estudio de la Situación Actual**

Dado que los sistemas a desarrollar son por un lado una aplicación autónoma de la que no se cuenta con antecedentes y por el otro una solución que debe ser desarrollada como un servidor para el que es posible definir libremente sus interfaces y que no debe depender en modo alguno de las particularidades de sus clientes no es necesario realizar un estudio de la situación actual habida cuenta que el contexto de ejecución y herramientas de desarrollos se encuentran además previamente definidas. Por este motivo el trabajo a desarrollar en este estudio de viabilidad de centrará en la definición de los requisitos del sistema.

**Informe de salida: Catálogo de Usuarios**

El estudio de viabilidad será realizado por los mismos usuarios identificados en el PSI. Su presencia tiene como objetivo principal colaborar en la identificación de requisitos.

Se agrega también en esta etapa a un experto en procesamiento digital de imágenes y miembros del equipo de desarrollo con el mismo objetivo.

**Informe de salida: Plan de Trabajo**

El desarrollo del estudio de viabilidad deberá ajustarse al siguiente calendario:

Task Name	Start	Finish	Jan '06	Feb '06
<input type="checkbox"/> Estudio de Viabilidad del SI	Wed 04/01/06	Thu 12/01/06	4/01	
Establecimiento del Alcance del Sistema	Wed 04/01/06	Wed 04/01/06	1 day	
Estudio de la situación actual	Thu 05/01/06	Thu 05/01/06	0.5 days	
Definición de Requisitos del Sistema	Thu 05/01/06	Tue 10/01/06	3 days	
Estudio de Alternativas de Solución	Tue 10/01/06	Thu 12/01/06	2 days	
Valoración / selección del las Alternativas	Thu 12/01/06	Thu 12/01/06	0.5 days	

## **ACTIVIDAD EVS 2: Estudio de la situación actual**

La situación actual es el estado en el que se encuentran los sistemas de información existentes en el momento en el que se inicia su estudio. Teniendo en cuenta el objetivo del estudio de la situación actual, se realiza una valoración de la información existente acerca de los sistemas de información afectados. En función de dicha valoración, se especifica el nivel de detalle con que se debe llevar a cabo el estudio. Si es necesario, se constituye un equipo de trabajo específico para su realización y se identifican los usuarios participantes en el mismo [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza dado que no existen sistemas de información afectados por las soluciones cuya viabilidad se estudia.

Las soluciones que se están analizando en este estudio de viabilidad son en un caso una aplicación autónoma sin relación con sistemas preexistentes y en el otro un servidor con interfaces muy bien definidas: en su entrada una imagen en un formato Standard y en su salida el identificador del tubo en cuestión. La definición y factibilidad desarrollar ambos sistemas no se ve condicionada por las características particulares de los sistemas de información actuales.

## **ACTIVIDAD EVS 3: Definición de Requisitos del Sistema**

Esta actividad incluye la determinación de los requisitos generales, mediante una serie de sesiones de trabajo con los usuarios participantes, que hay que planificar y realizar. Una vez finalizadas, se analiza la información obtenida definiendo los requisitos y sus prioridades, que se añaden al catálogo de requisitos que servirá para el estudio y valoración de las distintas alternativas de solución que se propongan [Métrica versión 3].

### **Tarea EVS 3.1: Identificación de las Directrices Técnicas y de Gestión**

#### **Informe de salida: Catálogo de Normas**

- ☒ La gestión de los proyectos que se acometan estará regida por la documentación referenciada en la interfaz de gestión de proyectos.
- ☒ La gestión de calidad para los proyectos que se acometan estará regida por la documentación referenciada en la interfaz de aseguramiento de la calidad.
- ☒ La gestión de configuración para los proyectos que se acometan estará regida por la documentación referenciada en la interfaz de gestión de configuración.
- ☒ No se prevén directrices asociadas con políticas de seguridad.
- ☒ Las herramientas auxiliares (de software) que fuera necesario desarrollar serán sometidas a las mismas consideraciones de gestión, configuración,

calidad y seguridad que los sistemas desarrollados específicamente para dar respuesta a los requisitos de los usuarios.

- El diseño y la programación será orientada a objetos.

### **Tarea EVS 3.2: Identificación de Requisitos**

#### **Informe de salida: Identificación de Requisitos**

Del trabajo de identificación de requisitos realizado se deriva la necesidad de dos proyectos distintos relacionados con dos conjuntos de necesidades de diferente orden.

- Requisitos relacionados con la identificación automática de tubos en sí.
- Requisitos derivados de la necesidad de proporcionar una aplicación que de soporte a la tarea de desarrollo de un algoritmo de interpretación de fotografías con marcas de tubos.

Los requisitos identificados se han estructurado y clasificado en la medida que fueron relevados y se encuentran listados en la siguiente sección.

### **Tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos**

#### **Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

#### **Módulo de identificación de tubos**

Se incluye a continuación los requisitos primarios asociados con la identificación de tubos de acero a partir de la interpretación de una fotografía de una marca fresada en los mismos.

#### **Requisitos funcionales**

El requisito fundamental consiste en interpretar las marcas grabadas en los tubos de acero a partir de una fotografía de las mismas.

La entrada al sistema será una fotografía de la marca fresada en el tubo y su salida consistirá de una cadena con los caracteres que componen la identificación mencionada.

El sistema deberá ser capaz de obtener una medida de la confiabilidad que el reconocimiento de cada carácter merece y deberá proveer las facilidades necesarias para que sea posible establecer el umbral de confianza mínima necesaria sobre el reconocimiento de todos los caracteres de forma tal de que la interpretación de una identificación sea aceptada como válida. Si este umbral no se alcanzara el sistema deberá indicar que no es posible interpretar la foto

suministrada y guardará opcionalmente una copia de la misma para su posterior análisis.

Las prueba de aceptación del sistema respecto de estos requisitos serán las siguientes:

Se analizarán 20 fotografías consideradas típicas (casos 1 a 20 en el Anexo A: Casos de prueba). El sistema pasa la prueba si en todos los casos es capaz de obtener las identificaciones correctas de los tubos.

Se analizarán 50 imágenes seleccionadas en forma aleatoria (casos 1 a 50 en el Anexo A: Casos de prueba). El sistema pasa la prueba si clasifica correctamente el subconjunto de las imágenes a las cuales le asigna un 80% de confiabilidad o superior.

Se analizará un conjunto de 10 imágenes con un alto nivel de ruido (casos 51 a 60 en el Anexo A: Casos de prueba). El sistema pasa la prueba si asigna a las identificaciones encontradas una confiabilidad menor que 50% o encuentra correctamente los identificadores contenidos en las mismas.

### **Requisitos de entorno**

Los sistemas a desarrollar deberán funcionar en una plataforma Windows 2000 / Intel.

### **Requisitos de interfaz**

El sistema expondrá su funcionalidad a través de interfaces definidas a nivel binario (COM, CORBA). Las interfaces implementadas soportarán al menos el modelo de hilo de ejecución simple (simple threading model).

Los errores en el procesamiento serán comunicados a través de excepciones que cortarán en flujo normal del control.

### **Requisitos de eficiencia**

La solución a desarrollar no tiene exigencias de procesamiento en tiempo real, sin embargo se establece un tiempo máximo de 10 segundos para el proceso completo que implica analizar una fotografía.

La prueba de aceptación de este requisito se realizará midiendo el tiempo de ejecución de los casos 1 a 20 del Anexo A: Casos de prueba.

### **Documentación requerida**

Se proveerá un documento con la especificación de la interfaz desarrollada para el servidor y el código fuente de un ejemplo sencillo de uso.

## **Sistema de Análisis y Pruebas**

Se desarrollará una aplicación autónoma que brindará prestaciones para leer fotos con marcas de archivos y aplicarles el procesamiento matemático seleccionado por el usuario. El objetivo de esta aplicación es dar soporte al proceso de investigación y desarrollo necesario para determinar el algoritmo de procesamiento a aplicar a una fotografía para obtener la identificación de un tubo en forma automática (no asistida).

## **Requisitos funcionales**

El sistema a desarrollar permitirá seleccionar el procesamiento a aplicar. Este construirá como la agregación de tres tipos distintos:

1. Acondicionamiento: Procesamiento de imágenes.
2. Segmentación: Separación de caracteres.
3. Clasificación: Red Neuronal.

Desde la interfaz de usuario será posible seleccionar una imagen de una lista y someterla al procesamiento deseado, mostrándose como salida la imagen procesada en el caso del Acondicionamiento, los caracteres segmentados en el caso de la Segmentación y una cadena alfanumérica con el resultado del análisis en el caso de la clasificación.

## **Acondicionamiento**

El sistema permitirá seleccionar un conjunto ordenado de transformaciones matemáticas a aplicar a una imagen dada así como sus parámetros, mostrando la imagen resultante de este procesamiento en su interfaz de usuario cuando el usuario lo solicite.

Las funciones de transformación y / o análisis de imágenes y procesamiento de señales debe incluir:

- ☒ Cálculo de histogramas de luminancia.
- ☒ Filtrado tipo notch.
- ☒ Cálculo de transformada de Fourier (se requiere cálculo sin visualización).
- ☒ Aplicación de filtro de Soebel.
- ☒ Aplicación de filtro de Canny.
- ☒ Aplicación de filtro de Marr Hildreth.
- ☒ Aplicación de filtro Gaussiano
- ☒ Aplicación de filtro Laplaciano.

- Aplicación de operadores morfológicos.
- Cálculo de proyecciones verticales y horizontales.

### **Segmentación**

El sistema permitirá segmentar la imagen acondicionada mostrando en forma separada los caracteres individuales obtenidos así como también los estimadores de calidad de las fases de procesamiento y segmentación.

### **Clasificación**

Se implementará una red neuronal tipo Back Propagation con un número arbitrario de capas y neuronas por capas.

Se dispondrá de facilidades en la interfaz de usuario para

- i. Definir la estructura de la red
- ii. Entrenar la red con un conjunto de imágenes de entrenamiento
- iii. Guardar el resultado del entrenamiento en forma persistente
- iv. Utilizar la red entrenada para procesar una imagen individualmente mostrando en la interfaz gráfica el resultado de la clasificación y los estimadores de confianza y discriminación definidos en este documento.

### **Requisitos de entorno**

Los sistemas a desarrollar deberán funcionar en una plataforma Windows 2000 / Intel.

### **Requisitos de interfaz**

El sistema será capaz de interpretar formatos de imágenes Windows Bitmap (bmp)

### **Requisitos de eficiencia**

El sistema debe ser capaz de entrenar la red en menos de 24 horas y aplicar el procesamiento completo a 6 imágenes en 1 minuto.

### **Pruebas de aceptación**

Las pruebas de aceptación del sistema de análisis y pruebas estarán a cargo del experto en procesamiento de imágenes quien utilizando a su discreción las imágenes contenidas en el Anexo A: Casos de prueba, deberá ejecutar todas las funciones de procesamiento requeridas en esta especificación para cinco casos

diferentes. El sistema pasa la prueba si en todos los casos la respuesta del sistema es aceptada por el experto.

Como parte de esta prueba se procederá también a entrenar una red neuronal utilizando las imágenes contenidas en los casos 1 a 6 del Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal y se clasificarán con la red así obtenida los casos 7 a 10 del mismo anexo. El sistema pasa la prueba si logra clasificar correctamente el 95 % de los casos presentados.

### **Documentación requerida**

Se proveerá de una manual de usuario de la aplicación requerida.

### **ACTIVIDAD EVS 4: Estudio de Alternativas de Solución**

Este estudio se centra en proponer diversas alternativas que respondan satisfactoriamente a los requisitos planteados [Métrica versión 3].

#### **Tarea EVS 4.1: Preselección de Alternativas de Solución**

#### **Informe de salida: Descomposición inicial del sistema en subsistemas**

La descomposición en módulos de la aplicación de análisis y pruebas comprende:

- ✘ Módulo de procesamiento de imágenes
- ✘ Módulo de segmentación de caracteres
- ✘ Módulo de clasificación
- ✘ Módulo de entrada / salida
- ✘ Interfaz gráfica de usuario (GUI)



**Diagrama EVS 1 Descomposición en subsistemas**

La misma descomposición lógica sin interfaz de usuario cabe para el sistema de procesamiento autónomo (aunque con módulos que no implementan exactamente la misma funcionalidad).



**Diagrama EVS 2 Descomposición en subsistemas**

**Informe de salida: Alternativas de Solución a Estudiar**

Si bien no existe en el mercado un sistema llave en mano que resuelva en forma satisfactoria el problema abordado en su globalidad, si se dispone para la herramienta de desarrollo seleccionada, de librerías de clases o servidores COM / Activex que proveen parcialmente esta funcionalidad (de posible utilización en el desarrollo de los módulos de acondicionamiento y segmentación de imágenes así como también en el de clasificación de caracteres). Por lo que resulta necesario analizar que porciones del desarrollo se acometen desde cero y para cuales resulta conveniente utilizar paquetes comerciales. Estos ítems abarcan específicamente el procesamiento de señales e imágenes y la clasificación de caracteres utilizando redes neuronales.

## Tarea EVS 4.2: Descripción de las Alternativas de Solución

### Informe de salida: Alternativas de solución a estudiar

Las alternativas de solución a estudiar son

- I. Utilización de un paquete comercial de procesamiento de imágenes versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto.
- II. Utilización de un paquete comercial que implemente una red neuronal versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto.
- III. Utilización de un paquete comercial de procesamiento de señales versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto.

Todas cubren por igual los requisitos funcionales, los factores discriminantes para analizar la conveniencia de una u otra opción son es el costo y tiempo de desarrollo.

### Informe de salida: Catálogo de Requisitos

#### Catálogo de Requisitos (cobertura)

No se derivan requisitos de este tarea.

#### Modelo de Descomposición en Subsistemas



Diagrama EVS 3 Descomposición en subsistemas



Diagrama EVS 4 Descomposición en subsistemas



Diagrama EVS 5 Descomposición en subsistemas

### Matriz Procesos / Localización Geográfica

No se analiza por tratarse de un sistema de procesamiento matemático en el que no tiene relevancia este tipo de representación.

### Matriz Datos / Localización Geográfica

No se analiza por tratarse de un sistema de procesamiento matemático en el que no tiene relevancia este tipo de representación.

### Entorno Tecnológico y Comunicaciones

Ver Informe de salida: Alternativas de arquitectura tecnológica

### Estrategia de Implantación Global del Sistema

La instalación de la herramienta de análisis y pruebas no reviste consideraciones especiales en cuanto a su implantación, se proveerá para la misma un CD de instalación que verificará la existencia de las condiciones necesarias para su funcionamiento antes de proceder.

Para el módulo de identificación de marcas este estudio de viabilidad solo contempla el desarrollo e instalación de un prototipo. Se prevé que este funcionará en paralelo con la producción actual sin ser considerado parte del sistema productivo durante un mes luego del cual se realizarán las pruebas de aceptación para ser entregado a los usuarios.

### Modelo de Negocio / Modelo de Dominio

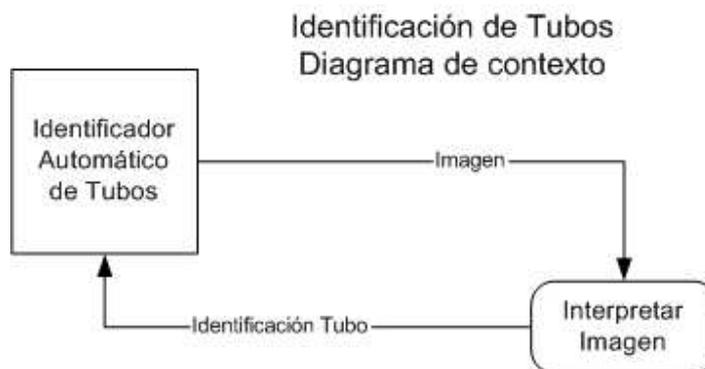


Diagrama EVS 6 Identificación de tubos, Nivel 0

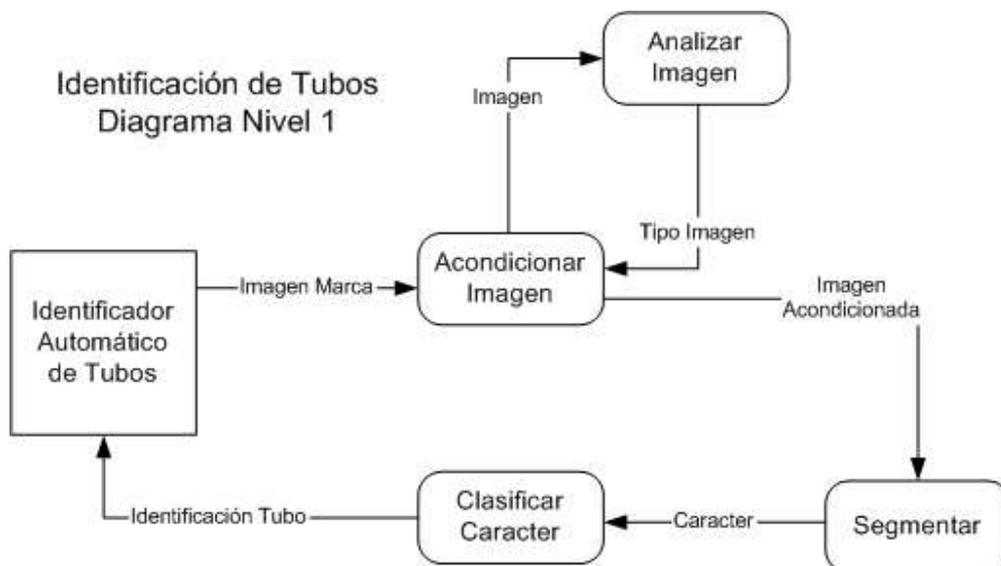


Diagrama EVS 7 Identificación de tubos, Nivel 1

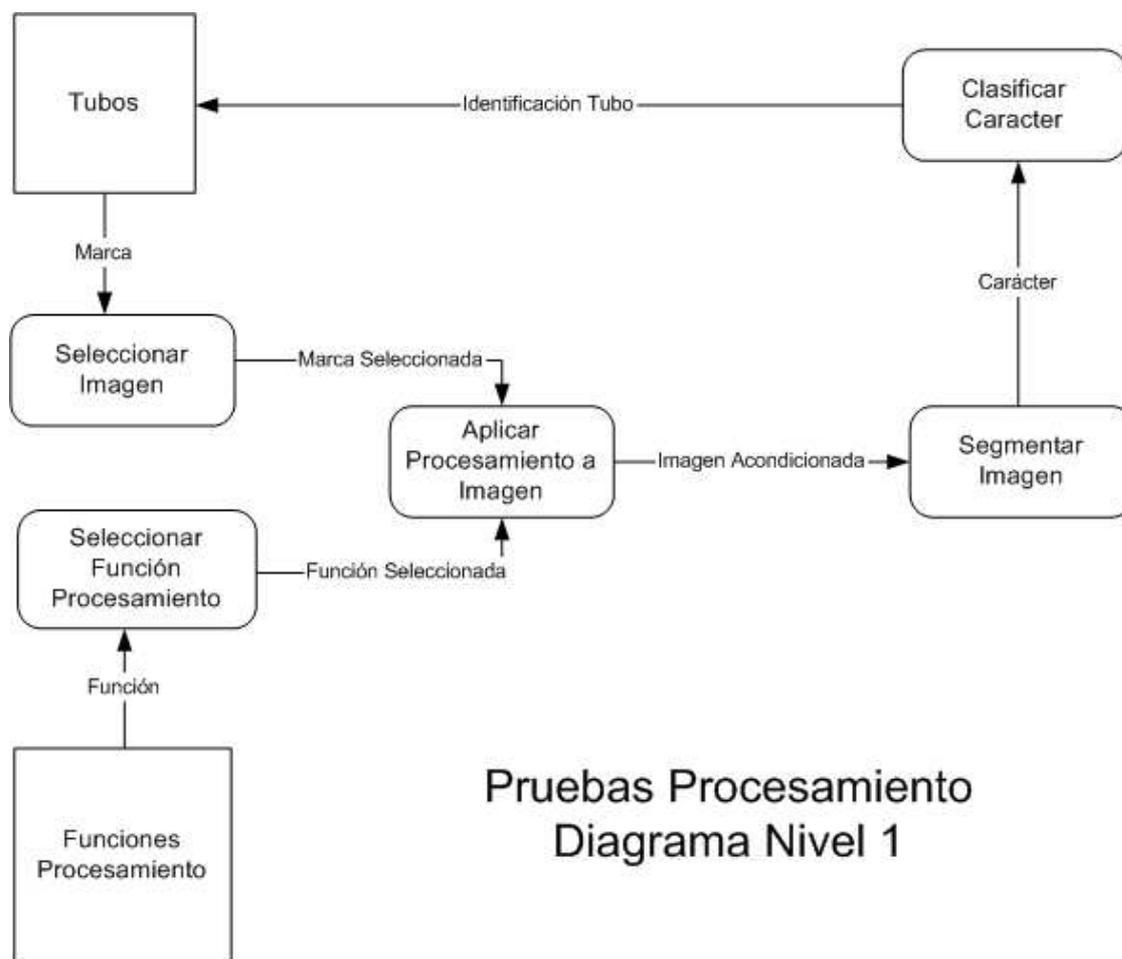


Diagrama EVS 8 Pruebas procesamiento, Nivel 1

### Descripción del Producto

Se describe a continuación los productos seleccionados como candidatos para su utilización en los desarrollos. En todos los casos se trata de librerías de clases provistas como componentes de la Virtual Component Library (VCL) de Delphi versión 7 o servidores Activex.

#### **Producto: Toolkit for Delphi, Professional**

Comercializado por Empresa: MCM DESIGN, URL: [www.mcm-design.com](http://www.mcm-design.com)

Descripción: Juego de componentes VCL para procesamiento de imágenes. Provee procesamiento de tipo matemático, lógico, gran variedad de filtros y procesos de alto nivel que involucran una secuencia de operaciones matemáticas los cuales cubren completamente los requisitos educidos en esta cuestión.

Una versión demo ha sido evaluada por miembros del equipo de desarrollo y expertos en procesamiento de señales quienes encontraron que

- ☒ Es simple utilizar.
- ☒ Se encuentra adecuadamente documentada.
- ☒ Es eficiente en el uso de los recursos.
- ☒ No genera limitaciones que sean significativas en el entorno del proyecto.
- ☒ No se prevén inconvenientes para incorporarla al proyecto.
- ☒ Sigue los usos y costumbres habituales de la programación orientada a objetos en Delphi.
- ☒ Soporta los algoritmos necesarios en el área de procesamiento de imágenes.

**Producto: Dew Lab Studio 1.5 VCL**

Comercializado por Dew Research, URL: [www.dewresearch.com](http://www.dewresearch.com)

Descripción: Juego de componentes VCL para procesamiento digital de señales.

Una versión demo ha sido evaluada por miembros del equipo de desarrollo quienes encontraron que:

- ☒ Presenta una complejidad media en cuanto a su utilización.
- ☒ Implica limitaciones o ineficiencias en cuanto al tipo de datos a utilizar para manejar arreglos de números.
- ☒ No genera limitaciones que sean significativas en el entorno del proyecto.
- ☒ No se prevén inconvenientes para incorporarla al proyecto.
- ☒ Soporta mucho más de lo necesario en cuanto a los algoritmos en el área de procesamiento de señales.
- ☒ Sigue los usos y costumbres habituales de la programación orientada a objetos en Delphi.
- ☒ Se encuentra muy bien documentado.

**Producto: DSPLAB for Delphi**

Comercializado por Tewoks, URL: <http://www.teworks.com>

Descripción: Componentes VCL para procesamiento digital de señales.

Una versión demo ha sido evaluada por miembros del equipo de desarrollo quienes encontraron que:

- ☒ Es muy sencillo de usar.

- ✘ Las facilidades que proporciona cubren parte de los requisitos en temas vinculados con el procesamiento de señales.
- ✘ No genera limitaciones que sean significativas en el entorno del proyecto.
- ✘ No se prevén inconvenientes para incorporarla al proyecto.
- ✘ Brinda dos facilidades: Calculo de la transformada de Fourier, Filtrado IIR.
- ✘ Sigue los usos y costumbres habituales de la programación orientada a objetos en Delphi.
- ✘ Se encuentra adecuadamente documentado.

**Producto: MLP/X 3.0 Neural Network ActiveX Control and COM Object**

Comercializado por Windale Technologies, URL: [www.windale.com](http://www.windale.com)

Descripción: Componentes activex que implementa una red tipo Perceptrón multicapa, con aprendizaje tipo Back Propagation

Una versión demo ha sido evaluada por miembros del equipo de desarrollo quienes encontraron que:

- ✘ Se provee como un servidor COM sin código fuente.
- ✘ Su implementación como Objeto COM requiere programadores con un alto nivel de formación o se pueden producir limitaciones, ineficiencias o dificultades especialmente si se lo utiliza en sistemas con varios hilos de ejecución.
- ✘ Implica limitaciones en cuanto a la posibilidad de modificar el comportamiento interno de la red (tipo de función de activación usada, por ejemplo).
- ✘ Es sencillo de usar.
- ✘ Se encuentra adecuadamente documentado y se proveen ejemplos de uso.

**Previsión de Evolución del Producto**

Con Excepción del producto MLP/X los productos evaluados se comercializan con su código fuente por lo que no se prevén riesgos de importancia en cuanto a la necesidad de que se produzcan modificaciones en los requisitos sobre los mismos y no sea posible su adaptación. Por otro lado los productos evaluados llevan ya más de tres años en el mercado y sus fabricantes brindan constantemente versiones con mayor funcionalidad de los mismos.

Para el caso del MLP/X se debe considerar el riesgo involucrado en su utilización, dado que no se comercializa con su código fuente y por lo tanto las modificaciones

sobre los requisitos respecto de la funcionalidad que provee puede ser difícil o imposible.

### **Costes Ocasionados por Producto**

Se considera aquí el costo que implica la adquisición de los productos, pero no la disminución en las erogaciones que implica para el proyecto la utilización de los mismos.

#### ***Producto: Toolkit for Delphi, Professional***

Costo: 300 euros

Presupuesto en

<http://www.mcm-design.com/index.php?section=order&product=ImagingDelphiImaging>

#### ***Producto: Dew Lab Studio 1.5 VCL***

Costo: 1200 U\$A

Presupuesto en <http://www.dewresearch.com/borland-delphi.html>

#### ***Producto: DSPLAB for Delphi***

Costo: 24U\$A.

Presupuesto en <http://www.teworks.com/help.htm>

#### ***Producto: MLP/X 3.0 Neural Network ActiveX Control and COM Object***

Costo: 395U\$A por licencia. Con un año de soporte técnico.

Presupuesto en <http://windale.com/mlpx.php>

### **Estándares del Producto**

Los productos evaluados para los cuales se dispone de código fuente están desarrollados en Delphi 7 con un paradigma orientado a Objetos, lo que concuerda con lo definido para los proyectos involucrados en el presente PSI.

### **Descripción de Adaptación (si es necesaria)**

No será necesaria adaptación alguna para utilizar los productos considerados.

### **ACTIVIDAD EVS 5: Valoración de las Alternativas**

Una vez descritas las alternativas se realiza una valoración de las mismas, considerando el impacto en la organización, tanto desde el punto de vista tecnológico y organizativo como de operación y los posibles beneficios que se esperan contrastados con los costes asociados. Se realiza también un análisis de

los riesgos, decidiendo cómo enfocar el plan de acción para minimizar los mismos y cuantificando los recursos y plazos precisos para planificar cada alternativa [Métrica versión 3].

## **Tarea EVS 5.1: Estudio de la Inversión**

### **Informe de salida: Valoración de Alternativas**

Las alternativas de solución a analizadas son

- I. Utilización de un paquete comercial de procesamiento de imágenes versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto (Toolkit for Delphi, Professional).
- II. Utilización de un paquete comercial que implemente una red neuronal versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto (MLP/X 3.0).
- III. Utilización de un paquete comercial de procesamiento de señales versus el desarrollo de esta funcionalidad por el propio grupo de trabajo del proyecto (Dew Lab Studio 1.5 VCL, DSPLAB for Delphi).

La utilización del Toolkit for Delphi (alternativa I) implica una reducción muy importante en el costo y duración del desarrollo ya que provee casi la totalidad de la funcionalidad necesaria en cuanto a procesamiento de imágenes se refiere.

Por otro lado, en este tipo de aplicaciones resulta muy valiosa la confiabilidad de los resultados por lo que la prueba de las mismas debe ser exhaustiva resultando por lo tanto costosa. Desde este punto de vista, el uso de un paquete comercial que cuenta ya con varios años en el mercado y una cantidad importante de usuarios disminuye los riesgos que podrían derivarse de fallas en los cálculos (en los que el espacio de clases de equivalencia de los casos de prueba a estudiar tiene una cardinalidad muy alta).

Otro aspecto a considerar es el hecho de que el paquete puede obtenerse incluyendo su código fuente por lo que no se debe considerar riesgos derivados de la pérdida de control sobre el proyecto.

La funcionalidad provista por la alternativa II analizada en este estudio de viabilidad, puede desarrollarse dentro del propio equipo por valores del mismo orden que el que hay que desembolsar para su compra. Por otro lado implica una pérdida de flexibilidad y control dado que no se comercializa con su código fuente y expone sus interfaces desde un objeto binario (activex).

Para la alternativa III se dispone de dos paquetes, Dew Lab Studio que es un paquete muy completo, excesivo en cuanto a funcionalidad y costo para los requerimientos y posibilidades de este PSI. DSPLAB en cambio ofrece una

funcionalidad mucho más reducida pero es de muy bajo costo y se lo evalúa como de suma utilidad.

### **Impacto en la Organización de Alternativas**

No se prevé impacto alguno que tenga relevancia como para ser considerado.

### **Coste / Beneficio de Alternativas**

Los beneficios que resulta de utilizar el paquete comercial **Toolkit for Delphi** para el desarrollo del módulo de procesamiento de imágenes son los siguientes:

- ☒ Se disminuye el tiempo de desarrollo.
- ☒ Se disminuye el costo de implementación y pruebas.
- ☒ Se disminuye el requerimiento de recursos especializados en el tema.

Por otro lado es necesario así mismo valorar los siguientes posibles problemas:

- ☒ Pérdida de control si no se adquiere el código fuente.
- ☒ Demoras si se encuentran problemas y el soporte técnico de la firma que comercializa el paquete comercial no es suficientemente rápida en sus respuestas.

El beneficios que resulta de utilizar el paquete comercial **Dew Lab Studio** para el desarrollo del módulo de procesamiento de imágenes es el siguiente:

- ☒ Se disminuye el tiempo de desarrollo.

Por otro lado es necesario así mismo valorar los siguientes posibles problemas:

- ☒ Se aumenta el costo del proyecto.
- ☒ Se aumenta la complejidad del desarrollo dado que la utilización de este paquete implica la creación de interfaces entre el sistema y el mismo con tipos de datos propietarios.
- ☒ Pérdida de control si no se adquiere el código fuente.
- ☒ Demoras si se encuentran problemas y el soporte técnico de la firma que comercializa el paquete comercial no es suficientemente rápida en sus respuestas.
- ☒ Pérdida de flexibilidad dado que la estructura del paquete comercial impone condiciones sobre las características del código fuente a desarrollar.

Los beneficios que resulta de utilizar el paquete comercial **DSPLAB for Delphi** para el desarrollo del módulo de procesamiento de imágenes son los siguientes:

- ☒ Se disminuye el tiempo de desarrollo.

- ☒ Se disminuye el costo de implementación y pruebas.
- ☒ Se disminuye el requerimiento de recursos especializados en el tema.

Por otro lado es necesario así mismo valorar el siguiente posible problema:

- ☒ Demoras si se encuentran problemas y el soporte técnico de la firma que comercializa el paquete comercial no es suficientemente rápida en sus respuestas.

Los beneficios que resulta de utilizar el paquete comercial **MLP/X 3.0** para el desarrollo del módulo de clasificación mediante redes neuronales son:

- ☒ Se disminuye el tiempo de desarrollo.
- ☒ Se disminuye el requerimiento de recursos especializados en el tema.

Por otro lado es necesario así mismo valorar los siguientes posibles problemas y / o desventajas:

- ☒ Se aumenta el costo del desarrollo.
- ☒ Pérdida de control dado que el paquete no se comercializa el código fuente.
- ☒ Demoras si se encuentran problemas y el soporte técnico de la firma que comercializa el paquete comercial no es suficientemente rápida en sus respuestas.
- ☒ Pérdida de flexibilidad dado que la estructura del paquete comercial impone condiciones sobre las características del código fuente a desarrollar.

## **Tarea EVS 5.2: Estudio de los Riesgos**

### **Informe de salida: Valoración de Alternativas**

#### **Valoración de Riesgos**

Las alternativas I y III no implican riesgo que requieran ser valorados especialmente. La única diferencia real entre ellas radica en su impacto en el tiempo y costo del desarrollo.

Para la alternativa II, es decir el uso de MLP/X 3.0, se pierde el control sobre las posibles modificaciones al sistema dado que no se comercializa con su código fuente.

### **Tarea EVS 5.3: Planificación de Alternativas**

#### **Informe de salida: Plan de Trabajo de Cada Alternativa**

La planificación, sincronización con otros proyecto, etc. no se plantean como cuestiones de interés en la valoración de las alternativas planteadas. Por este motivo no se avanza en este estudio sobre la planificación.

### **ACTIVIDAD EVS 6: Selección de la solución**

Antes de finalizar el Estudio de Viabilidad del Sistema, se convoca al Comité de Dirección para la presentación de las distintas alternativas de solución, resultantes de la actividad anterior. En dicha presentación, se debaten las ventajas de cada una de ellas, incorporando las modificaciones que se consideren oportunas, con el fin de seleccionar la más adecuada. Finalmente, se aprueba la solución [Métrica versión 3].

### **Tarea EVS 6.1: Convocatoria de la Presentación**

#### **Informe de salida: Plan de Presentación de Alternativas**

Las alternativas a evaluar son confirmadas por el Dr. Ramón García Martínez y M. Ing. Alejandra Ochoa.

### **Tarea EVS 6.2: Evaluación de las Alternativas y Selección**

#### **Informe de salida: Plan de Presentación de Alternativas**

Se presentaron las propuestas y evaluación realizadas en este estudio de viabilidad habiendo sido aprobada la propuesta sin modificaciones.

#### **Informe de salida: Solución Propuesta**

Se seleccionan los siguientes paquetes comerciales para ser utilizados en los proyectos cubiertos por el presente PSI:

- ☒ Producto: Toolkit for Delphi, Professional
- ☒ Producto: DSPLAB for Delphi

### **Tarea EVS 6.3: Aprobación de la Solución**

#### **Informe de salida: Aprobación de la Solución**

Dados los beneficios obtenidos por las alternativas seleccionadas se aprueba la compra de los paquetes comerciales involucrados.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Dado el carácter académico de este trabajo se utiliza una versión de evaluación en lugar de realizar la compra en forma efectiva.

## **Análisis de sistemas de información**

El objetivo de este proceso es la obtención de una especificación detallada del sistema de información que satisfaga las necesidades de información de los usuarios y sirva de base para el posterior diseño del sistema [Métrica versión 3].

Dado que el autor de esta tesis es a su vez la fuente principal de información para este proyecto no se hace necesario recurrir a mecanismos de educación sofisticados. Se documenta a continuación los resultados del análisis realizado.

### **ACTIVIDAD ASI 1: Definición del sistema**

Esta actividad tiene como objetivo efectuar una descripción del sistema, delimitando su alcance, estableciendo las interfaces con otros sistemas e identificando a los usuarios representativos [Métrica versión 3].

#### **Tarea ASI 1.1: Determinación del Alcance del Sistema**

##### **Informe de salida: Glosario**

**Identificación de un Tubo:** código con formato NNNN \ NNNN (N es un número entero) que identifica unívocamente un tubo.

**Marca:** Imagen de la identificación de un tubo tomada mediante una fotografía.

**Caracter:** Imagen resultado de la segmentación de una marca (típicamente conteniendo un carácter de la identificación del tubo).

**Clasificación:** Proceso de análisis que produce una representación lógica del contenido de una imagen (de un Carácter).

##### **Informe de salida: Modelo de Negocio / Modelo de Dominio**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Los siguientes diagramas, documentados en el Plan de Sistema de Información, muestran una visión de alto nivel que refleja procesos productivos afectados por la identificación individual de los tubos fabricados:

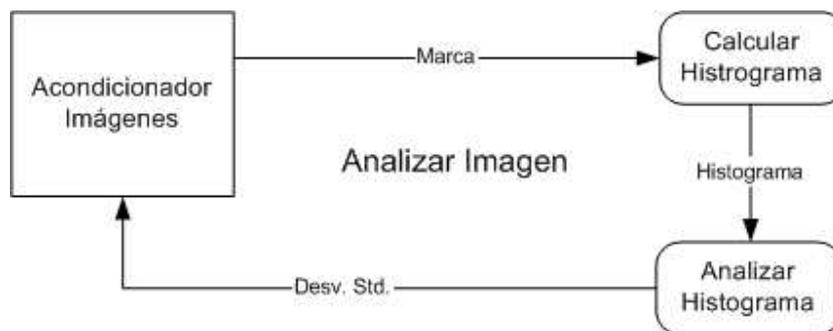
- ✘ Diagrama PSI 1
- ✘ Diagrama PSI 2
- ✘ Diagrama PSI 3
- ✘ Diagrama PSI 4
- ✘ Diagrama PSI 5

El flujo de información entre los procesos de interés en la solución requerida puede observarse en los diagramas:

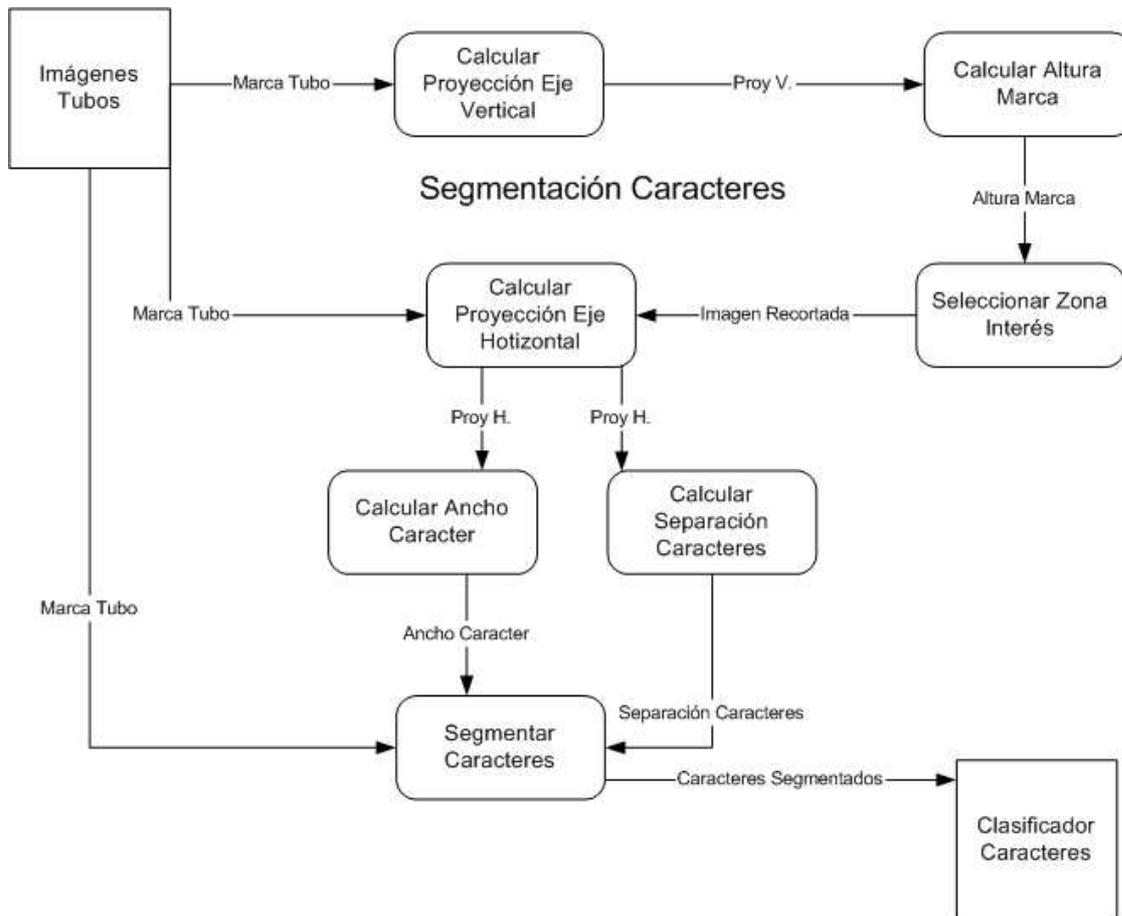
- Diagrama EVS 6
- Diagrama EVS 7
- Diagrama EVS 8

Se describe a continuación con mayor detalle los procesos:

- Analizar imagen (Diagrama ASI 1)
- Segmentar imagen (Diagrama ASI 2).



**Diagrama ASI 1**  
Análisis de una imagen



**Diagrama ASI 2**

Segmentación y clasificación de caracteres

Estos diagramas describen los procesos y transformaciones de datos más importantes que intervienen tanto en la identificación automática de tubos como en las facilidades requeridas para realizar pruebas de procesamiento sobre imágenes.

**Tarea ASI 1.2: Identificación del Entorno Tecnológico**

**Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Del análisis realizado respecto del entorno tecnológico no se derivan nuevos requisitos.

**Informe de salida: Descripción General del Entorno Tecnológico del Sistema**

Del análisis realizado surge que el entorno tecnológico descrito en el PSI esquematiza en La Figura PSI 4 es apropiado para dar respuesta a las necesidades de información requeridas.

**Tarea ASI 1.3: Especificación de Estándares y Normas**

**Informe de salida: Catálogo de Normas**

Del análisis realizado no se derivan nuevas normas o estándares.

**Tarea ASI 1.4: Identificación de los Usuarios Participantes y Finales**

**Informe de salida: Catálogo de Usuarios**

- ✘ Dr. Ramón García Martínez:
- ✘ M. Ing. Alejandra Ochoa.
- ✘ Lic. Pablo Behrend

**Informe de salida: Plan de trabajo**

Task Name	Start	Finish	Jan '06	Feb '06	Ma
<input type="checkbox"/> <b>Análisis SI</b>	<b>Fri 13/01/06</b>	<b>Tue 07/02/06</b>			
Definición del sistema	Fri 13/01/06	Tue 17/01/06			
Establecimiento de requisitos	Wed 18/01/06	Thu 19/01/06			
Ident de subsis de análisis	Fri 20/01/06	Fri 20/01/06			
Análisis de casos de uso y clases	Mon 23/01/06	Thu 26/01/06			
Definición de interfaces de usuario	Fri 27/01/06	Wed 01/02/06			
Análisis de cons y esp de requisitos	Thu 02/02/06	Fri 03/02/06			
Especificación del plan de pruebas	Mon 06/02/06	Tue 07/02/06			
<input type="checkbox"/> <b>Diseño SI</b>	<b>Wed 08/02/06</b>	<b>Fri 17/02/06</b>			

**ACTIVIDAD ASI 2: Establecimiento de requisitos**

En esta actividad se lleva a cabo la definición, análisis y validación de los requisitos a partir de la información facilitada por el usuario, completándose el catálogo de requisitos obtenido en la actividad Definición del Sistema (ASI 1). El objetivo de esta actividad es obtener un catálogo detallado de los requisitos, a partir del cual se pueda comprobar que los productos generados en las actividades de modelización se ajustan a los requisitos de usuario [Métrica versión 3].

**Tarea ASI 2.1: Obtención de Requisitos**

**Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Del análisis del Diagrama EVS 7 (flujo de datos) se desprende la necesidad de

1. Acondicionar una imagen

2. Segmentar una imagen
3. Clasificar un imagen segmentada

La información requerida respecto de las funciones de procesamiento de imágenes necesarias para el acondicionamiento se encuentran descriptos en el capítulo Procesamiento de imágenes.

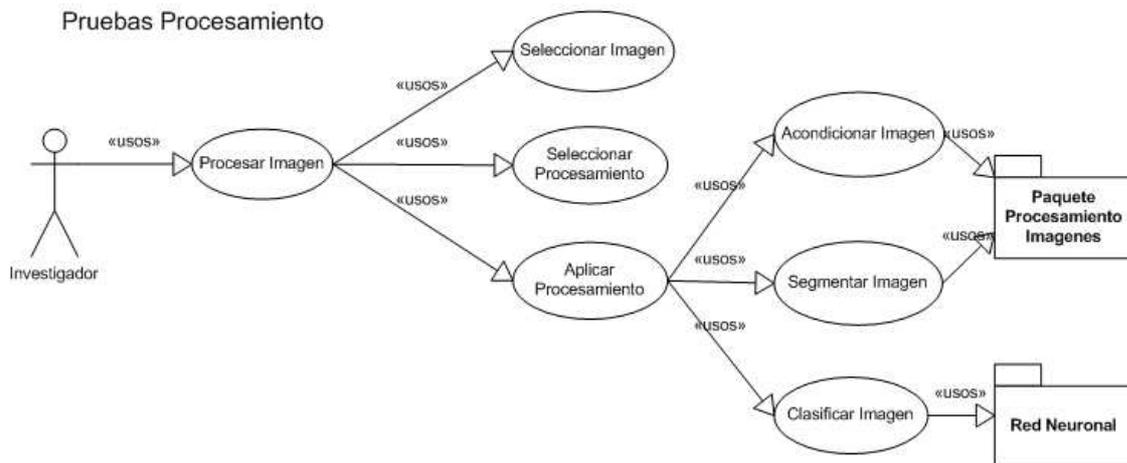
La especificación sobre como realizar la segmentación se encuentra descrita en el capítulo Segmentación de caracteres.

La especificación sobre la implementación de una red neuronal tipo back propagation se encuentra descrita en el capítulo Redes Neuronales.

### Informe de salida: Modelo de Casos de Uso

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

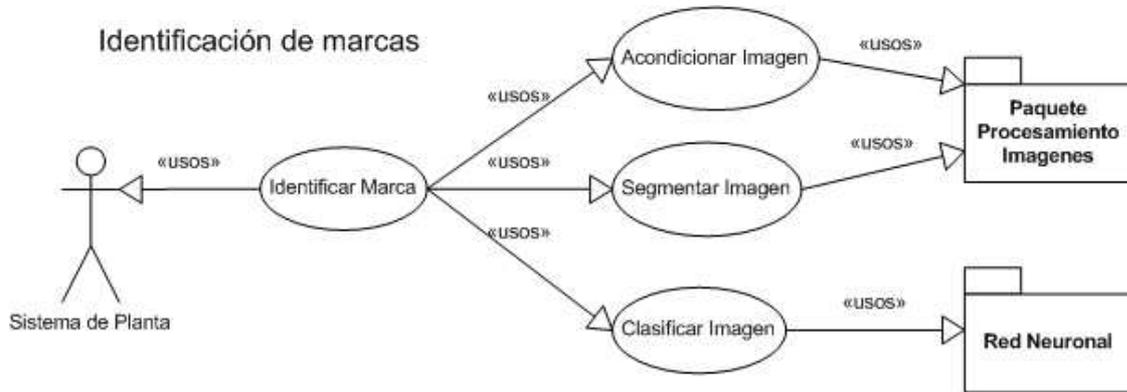
Se incluyen a continuación los casos de uso relacionados con los requerimientos educidos.



**Diagrama ASI 3**

#### Caso de uso – Prueba de procesamiento

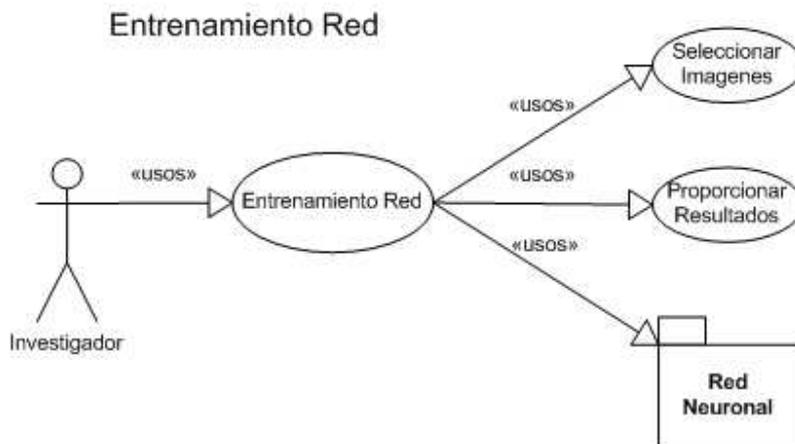
El Diagrama ASI 3 describe el caso de uso en el que un usuario utiliza la herramienta de análisis y pruebas seleccionando imágenes y secuencias de procesamiento para investigar el resultado de la aplicación de la mismas sobre la imagen en cuestión.



**Diagrama ASI 4**

Caso de uso – Identificación de marcas

El caso de uso descrito en el Diagrama ASI 4 esquematiza la situación del sistema en producción, en el cual se obtiene la identificación de una marca aplicando un procesamiento predeterminado.



**Diagrama ASI 5**

Caso de uso – Entrenamiento de una red neuronal

El caso de uso descrito en el Diagrama ASI 5 esquematiza la situación en que se entrena una red neuronal proporcionándole un conjunto de casos de entrenamiento.

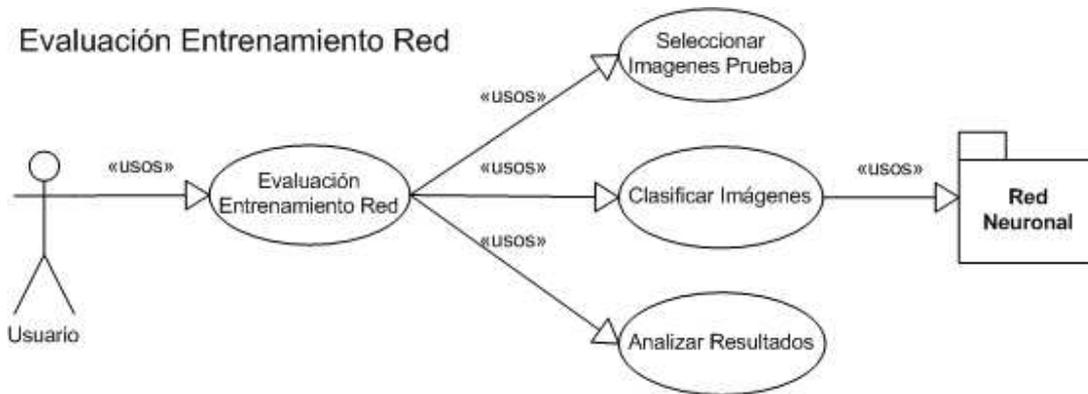


Diagrama ASI 6

Caso de uso –Evaluación del entrenamiento de una red neuronal

El caso de uso descrito en el

Diagrama ASI 6 esquematiza la situación en que se pone a prueba el entrenamiento de la red neuronal proporcionándole casos de prueba.

## Tarea ASI 2.2: Especificación de Casos de Uso

### Informe de salida: Especificación de Casos de Uso

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

#### Caso de uso: Pruebas Procesamiento

En este escenario un investigador utiliza el Sistema de Análisis y Pruebas aplicando diversas secuencias de procesamiento sobre un conjunto de imágenes y visualizando el efecto sobre las mismas. Para esto selecciona una imagen, selecciona una lista de funciones de procesamiento a aplicar con sus respectivos parámetros y observa el efecto producido sobre la imagen de entrada, pudiendo modificar tantas veces como lo desee tanto la secuencia de procesamiento como la imagen en sí.

El procesamiento puede incluir opcionalmente la segmentación de los caracteres a partir de la imagen acondicionada y la clasificación de los caracteres si se realiza la segmentación de los mismos. En ambos casos debe mostrarse no solo el resultado del procesamiento en sí (segmentación, clasificación) sino además los estimadores de calidad definidos.

Los tipo disponibles de funciones procesamiento son:

- ✘ Funciones de acondicionamiento: entrada una imagen, salida la imagen modificada.
- ✘ Funciones de análisis: entrada una imagen salida el resultado del análisis.

- ✘ Segmentación de caracteres: Entrada una imagen, salida un conjunto de imágenes conteniendo cada una un caracter de entre los contenidos en la imagen de entrada así como también los estimadores de calidad del proceso de acondicionamiento / segmentación.
- ✘ Funciones de clasificación: Entrada una imagen, salida una cadena de caracteres contenidos en la imagen y los estimadores de calidad del proceso de clasificación.
- ✘ Paquete externo de funciones de procesamiento. En este caso se utiliza un sistema externo para procesar la imagen. La idea es que se invoque aquí al módulo de procesamiento automático. Entrada: imagen, salida imagen acondicionada y resultado de la identificación.

La interacción del sistema con usuario con el sistema se produce mediante al interfaz gráfica del mismo.

Las precondiciones para este caso de uso están dadas por la existencia de las imágenes a procesar y la disponibilidad de una red neuronal entrenada si se quiere utilizar la clasificación de caracteres. No existen post condiciones.

Cualquier error encontrado debe ser notificado claramente al investigador que utiliza el sistema mediante la interfaz gráfica del mismo.

La interfaz gráfica del sistema debe mostrar:

- ✘ La lista de imágenes contenidas en una carpeta.
- ✘ Facilidades para modificar la carpeta conteniendo las imágenes.
- ✘ La lista de funciones a aplicar a las imágenes seleccionadas con sus respectivos parámetros.
- ✘ Un editor de las funciones de procesamiento a aplicar con sus respectivos parámetros que permita seleccionarlas de una lista.
- ✘ La imagen resultado del procesamiento aplicado (de ser este nulo, la imagen original).
- ✘ La proyección horizontal y vertical de la imagen mostrada.
- ✘ El histograma de la imagen resultado mostrada.
- ✘ La auto correlación de la proyección horizontal de la imagen mostrada.
- ✘ Las imágenes segmentadas y el estimador de calidad del acondicionamiento / segmentación
- ✘ Los caracteres resultado de la clasificación y los estimadores de calidad de la clasificación.

- ☒ Selector que permita indicar si se debe aplicar un paquete de procesamiento externo al sistema.

### **Caso de uso: Identificación de Marcas**

En este escenario un sistema de planta solicita el servicio de identificación automática de tubos. Para esto debe proveer una imagen de la marca del tubo y obtendrá la identificación contenida en la misma. El procesamiento, realizado en forma automática, consta del acondicionamiento de la imagen, la segmentación de los caracteres y la clasificación de cada uno de ellos.

Ese escenario requiere como precondiciones la disponibilidad de la imagen de la marca a identificar y una red neuronal entrenada, no generándose post condiciones.

No se requiere interfaz de usuario por tratarse de un proceso tipo background.

Frente a condiciones de error el sistema generará una excepción a la aplicación cliente que requiere sus servicios.

### **Caso de uso: Entrenamiento Red**

En este escenario se prepara la red neuronal para que esta pueda posteriormente clasificar los caracteres presentes en las imágenes segmentadas. Se requiere como entrada un conjunto de entrenamiento consistente en pares de imágenes de caracteres y el respectivo carácter contenido.

No se requiere precondiciones más allá de la existencia del conjunto de entrenamiento y la única post condición generada es la disponibilidad de una red entrenada.

Cualquier error encontrado debe ser notificado claramente al investigador que utiliza el sistema mediante la interfaz gráfica del mismo.

La interfaz gráfica del sistema debe proveer:

- ☒ Facilidades para crear una red neuronal indicando el número de capas y número de neuronas por capa.
- ☒ Facilidades para utilizar el conjunto de casos de entrenamiento contenidos en una carpeta.
- ☒ Facilidades para seleccionar la carpeta conteniendo los casos de entrenamiento.
- ☒ Facilidades para comenzar y terminar el entrenamiento, indicando el umbral deseado de error para finalizar automáticamente.
- ☒ Visualización de la evolución del error máximo obtenido durante el proceso de entrenamiento.

- ✘ Facilidades para determinar el número máximo de iteraciones a utilizar si no se alcanza el umbral deseado.
- ✘ Facilidades gráficas para implementar el mecanismo de prueba "Leave one Out" sobre el conjunto de entrenamiento.
- ✘ Facilidades para guardar en forma persistente los coeficientes de la red entrenada.

### **Caso de uso: Evaluación Entrenamiento Red.**

En este escenario se utiliza una red neuronal previamente entrenada para clasificar imágenes con caracteres guardadas en archivos. Se requiere como entrada un conjunto de caracteres.

Las precondiciones de este escenario son la existencia del conjunto de imágenes cada una conteniendo un carácter a analizar y la disponibilidad de una red neuronal entrenada, no existiendo post condiciones.

Cualquier error encontrado debe ser notificado claramente al investigador que utiliza el sistema mediante la interfaz gráfica del mismo.

La interfaz gráfica del sistema debe mostrar:

- ✘ Una lista de imágenes contenidas en una carpeta.
- ✘ Facilidades para seleccionar la carpeta conteniendo las imágenes.
- ✘ La imagen seleccionada dentro de la lista.
- ✘ Una indicación visual del carácter asociado con la imagen seleccionada (resultado de la clasificación) y los estimadores de calidad de dicha clasificación.
- ✘ Indicaciones del grado de confianza obtenido en la clasificación del carácter contenido en la imagen.
- ✘ Facilidades para leer los coeficientes de una red neuronal previamente guardados.

### **Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Son requisitos del sistema implementar las interfaces de usuario descritas en los casos de uso.

## **Tarea ASI 2.3: Análisis de Requisitos**

### **Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Se ha realizado el análisis de los requisitos antes descriptos buscando inconsistencias, incompletitudes y / o ambigüedades no encontrándose que sea necesario realizar modificaciones sobre los mismos.

### **Informe de salida: Modelo de Casos de Uso**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Se ha realizado el análisis sobre los casos de uso antes descriptos buscando inconsistencias, incompletitudes y / o ambigüedades no encontrándose que sea necesario realizar modificaciones sobre los mismos.

### **Informe de salida: Especificación de Casos de Uso**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Se ha realizado el análisis de la especificación de casos de uso antes descriptos buscando inconsistencias, incompletitudes y / o ambigüedades no encontrándose que sea necesario realizar modificaciones sobre los mismos.

## **Tarea ASI 2.4: Validación de Requisitos**

### **Informe de salida: Catálogo de Requisitos**

Se deja constancia del resultado positivo en la validación de los requisitos educidos y analizados en una reunión realizada entre el autor de esta tesis y sus directores.

### **Informe de salida: Modelo de Casos de Uso**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Se deja constancia del resultado positivo en la validación del modelo de casos de uso educidos y analizados en una reunión realizada entre el autor de esta tesis y sus directores.

### **Informe de salida: Especificación de Casos de Uso**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Se deja constancia del resultado positivo en la validación de la especificación de casos de uso educidos y analizados en una reunión realizada entre el autor de esta tesis y sus directores.

### ACTIVIDAD ASI 3: Identificación de subsistemas de análisis

El objetivo de esta actividades facilitar el análisis del sistema de información llevando a cabo la descomposición del sistema en subsistemas [Métrica versión 3].

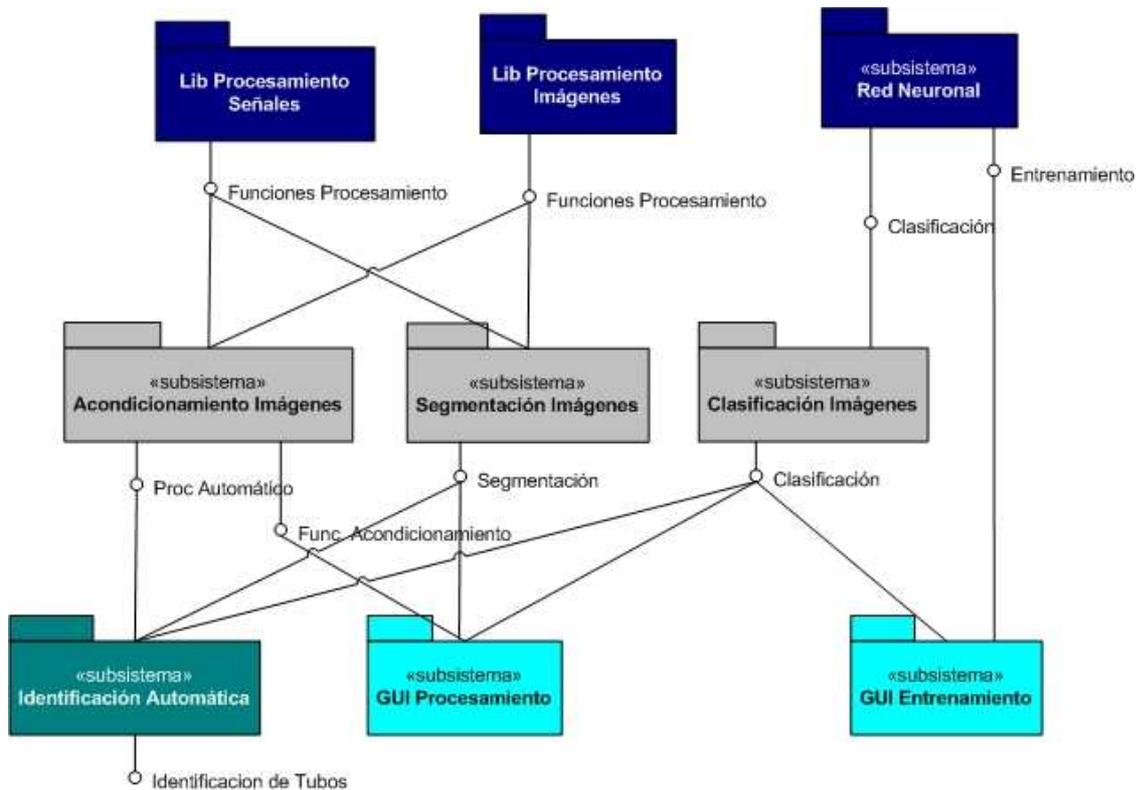
#### Tarea ASI 3.1: Determinación de Subsistemas de Análisis

Task Name	Start	Finish	Jan '06	Feb '06	Ma
<input type="checkbox"/> <b>Análisis SI</b>	<b>Fri 13/01/06</b>	<b>Tue 07/02/06</b>			
Definición del sistema	Fri 13/01/06	Tue 17/01/06	3 days		
Establecimiento de requisitos	Wed 18/01/06	Thu 19/01/06	2 days		
Ident de subsis de análisis	Fri 20/01/06	Fri 20/01/06	1 day		
Análisis de casos de uso y clases	Mon 23/01/06	Thu 26/01/06	4 days		
Definición de interfaces de usuario	Fri 27/01/06	Wed 01/02/06	4 days		
Análisis de cons y esp de requisitos	Thu 02/02/06	Fri 03/02/06	2 days		
Especificación del plan de pruebas	Mon 06/02/06	Tue 07/02/06	2 days		
<input type="checkbox"/> <b>Diseño SI</b>	<b>Wed 08/02/06</b>	<b>Fri 17/02/06</b>			

#### Informe de salida: Descripción de Subsistemas de Análisis

El análisis de los requisitos educidos puede modelarse mediante los subsistemas que se muestran en el diagrama Diagrama ASI 7.

En este diagrama se muestra en: azul los módulos que proveen funciones de bajo nivel, básicamente librerías de funciones de procesamiento matemático, en celeste los módulos que implementan la interfaz de usuario del sistema, en verde los que proveen funcionalidad background en forma autónoma y en gris la capa intermedia que mediante los servicios de las librerías matemáticas provee las funciones de más alto nivel requeridas por las reglas de negocios a desarrollar.



**Diagrama ASI 7 Subsistemas**

Se describe a continuación sucintamente la funcionalidad provista por cada módulo.

**Lib Procesamiento de señales**

Provee funciones matemáticas básicas de procesamiento de señales (filtrado, convolución, auto correlación, transformada de Fourier, etc.)

**Lib Procesamiento de imágenes**

Provee funciones matemáticas de procesamiento de imágenes (dilatación, contracción, filtrado, etc.).

**Módulo Red neuronal**

Implementa una red neuronal de un número arbitrario de capas y neuronas por capa. Expone interfaces para su entrenamiento y uso (clasificación)

**Módulo de acondicionamiento de imágenes**

Provee funciones de alto nivel para acondicionar imágenes, encapsulando los detalles de implementación necesarios para el uso de las librerías matemáticas y agregando funcionalidad de más alto nivel construida sobre las mismas.

### **Módulo de segmentación de imágenes**

Implementa las facilidades necesarias para segmentar los caracteres de una imagen.

### **Módulo de Clasificación de imágenes**

Provee las facilidades necesarias para identificar la marca de un tubo contenida en una imagen.

### **Módulo de identificación automática**

Brinda servicios a otras aplicaciones para identificar en forma no asistida la identificación de la marca contenida en la foto de un tubo.

### **Módulo GUI entrenamiento**

Provee la interfaz de usuario necesaria para entrenar una red neuronal, probar el resultado del entrenamiento clasificando caracteres y guardar en forma persistente la red neuronal obtenida en el entrenamiento.

### **Módulo GUI procesamiento**

Provee la interfaz de usuario necesaria para seleccionar, aplicar y observar el resultado del procesamiento sobre un conjunto de imágenes.

### **Informe de salida: Descripción de Interfaces entre Subsistemas**

Las interfaces expuestas por cada módulos se encuentran representadas en el Diagrama ASI 7 mediante un arco que termina en un pequeño círculo. El diagrama está construido de forma tal que los módulos que exponen las interfaces (módulos servidores) se encuentran en la parte superior y sus respectivos módulos clientes en la parte inferior. Cada interfaz expuesta consta de un conjunto en general pequeño de métodos que permiten a los módulos clientes solicitar los servicios de los módulos servidores. A continuación se describen brevemente estas interfaces.

### **Lib Procesamiento de señales**

Provee una interfaz con las funciones de procesamiento digital de señales requeridas. Todas las operaciones son atómicas, es decir que este módulo no conserva historia de los servicios que provee.

### **Lib Procesamiento de imágenes**

Provee una interfaz con las funciones matemáticas requeridas. Todas las operaciones son atómicas, no conservándose un registro de estados de ningún tipo.

### **Módulo Red neuronal**

Provee dos interfaces, que responden a casos de uso diferentes. Por una lado una interfaz de entrenamiento, con procedimientos para crear una red neuronal y someterla al proceso de aprendizaje, por el otro una interfaz de "utilización" de la red neuronal para clasificar un carácter.

### **Módulo de acondicionamiento de imágenes**

Provee una interfaz con las funciones de procesamiento de alto nivel requeridas y otra con la implementación del procesamiento de detección automática de tubos desarrollado.

### **Módulo de segmentación de imágenes**

Provee una interfaz con funciones que permiten segmentar una imagen generando un conjunto de imágenes cada una conteniendo un solo carácter.

### **Módulo de clasificación de caracteres**

Provee una interfaz que permite clasificar el carácter contenido en una imagen.

### **Módulo de identificación automática**

Provee una interfaz que brinda el servicio de identificación en forma no asistida de la identificación de la marca contenida en la foto de un tubo.

### **Tarea ASI 3.2: Integración de Subsistemas de Análisis**

Se ha realizado esta tarea sin que la misma arroje modificaciones a los modelos ya obtenidos.

### **ACTIVIDAD ASI 4 y 5: Análisis de casos de uso y Análisis de clases**

El objetivo de estas actividades identificar y es describir cada una de las clases que ha surgido, identificando las responsabilidades que tienen asociadas, sus atributos, y las relaciones entre ellas.

Dada la estructura relativamente simple del modelo de objetos del sistema en estudio y el carácter iterativo de la construcción del mismo, para mayor claridad, se presenta en forma conjunta el resultado de la realización de las actividades 4 y 5 [Métrica versión 3].

### **Informe de salida: Modelo de Clases de Análisis**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

### **Sistema de análisis y pruebas**

Del análisis de los requisitos educidos, los casos de uso expuestos y la experiencia del grupo de trabajo en el abordaje de este tipo de problemática se deriva la siguiente propuesta para la estructura de clases que modela el sistema de análisis y pruebas.

En se muestran las clases que representan los elementos de la interfaz de usuario del sistema.

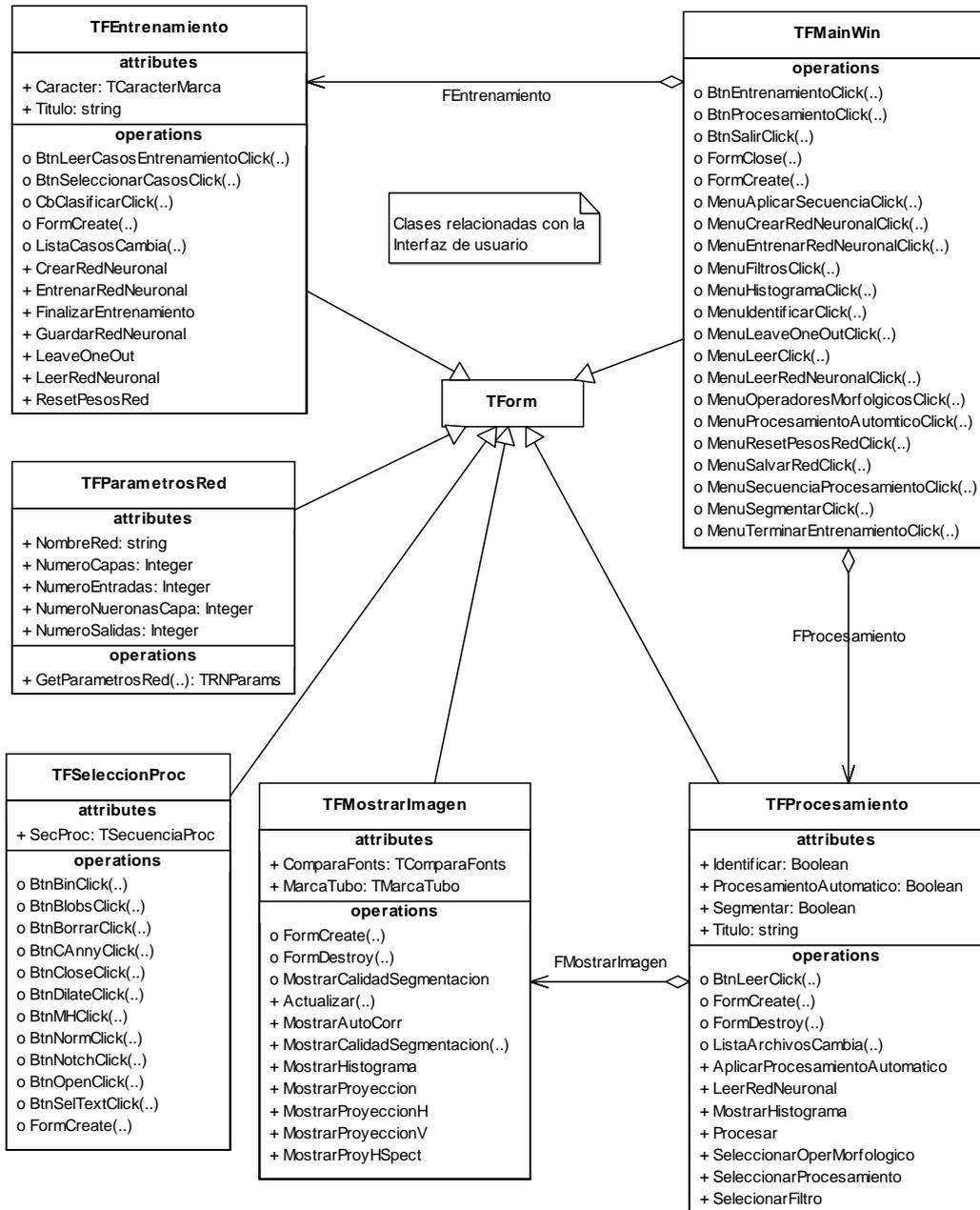


Diagrama ASI 8 Clases interfaz de usuario

<b>Clase TFMainWin</b>	Ventana principal de la interfaz gráfica de la aplicación
BtnEntrenamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite visualizar la interfaz de usuario de entrenamiento de una red neuronal
BtnProcesamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite visualizar la interfaz de usuario de procesamiento de imágenes
FormCreate	Manejador del evento generado al inicializarse la interfaz de usuario
FormClose	Manejador del evento generado al liberarse los recursos tomados por la interfaz de usuario
BtnSalirClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón de cerrar la aplicación
MenuFiltrosClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite seleccionar y visualizar el efecto de un filtro
MenuHistogramaClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite mostrar y modificar el histograma
MenuOperadoresMorfologicosClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite seleccionar y visualizar el efecto de operadores morfológicos
MenuSecuenciaProcesamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite seleccionar una secuencia de procesamiento

MenuSegmentarClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite habilitar la segmentación de caracteres
MenuIdentificarClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite habilitar la clasificación de los caracteres segmentados
MenuAplicarSecuenciaClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite aplicar la secuencia de procesamiento activa a la imagen visualizada
MenuEntrenarRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite comenzar el entrenamiento de una red neuronal
MenuLeerClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite leer una red neuronal de un archivo
MenuSalvarRedClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite guardar una red neuronal en un archivo
MenuTerminarEntrenamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite finalizar el entrenamiento de una red neuronal
MenuResetPesosRedClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite inicializar los pesos de una red neuronal
MenuLeaveOneOutClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite iniciar el proceso de control de calidad Leave One Out

MenuLeerRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite leer la red neuronal utilizada para clasificar caracteres
MenuProcesamientoAutomticoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario la opción del menú que permite activar el procesamiento automático implementado en el módulo de identificación de tubos

<b>Clase TFProcesamiento</b>	Interfaz gráfica de usuario para aplicar un procesamiento arbitrario a una imagen.
Titulo	Titulo de la ventana mostrada en la interfaz gráfica
Segmentar	Indicador de si debe segmentarse la imagen luego del acondicionamiento
Identificar	Indicador de si debe identificarse (clasificar) la imagen luego de la segmentación
ProcesamientoAutomatico	Indicador de si debe aplicarse el procesamiento definido en el módulo de procesamiento automático
FormCreate	Manejador del evento generado al inicializarse la interfaz de usuario
FormClose	Manejador del evento generado al liberarse los recursos tomados por la interfaz de usuario
BtnLeerClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite leer las imágenes disponibles para procesar.
ListaArchivosCambia	Manejador del evento generado al seleccionarse una nueva imagen a procesar.
LeerRedNueronal	Lectura de una red neuronal a ser utilizada durante la clasificación de caracteres.

MostrarHistograma	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite mostrar el histograma de una imagen
Procesar	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite aplicar el procesamiento seleccionado a la imagen que se muestra en pantalla.
SeleccionarOperMorfologico	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón de selección del operador morfológico a aplicar
SeleccionarProcesamiento	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite definir el procesamiento a aplicar a las imágenes.
SeleccionarFiltro	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón de selección del filtro a aplicar

<b>Clase TFEntrenamiento</b>	Interfaz gráfica para entrenamiento de una red neuronal.
Titulo	Titulo de la ventana mostrada en la interfaz gráfica
Carácter	Aloja una instancia de la clase TcaracterMarca utilizada en la clasificación de caracteres
BtnLeerCasosEntrenamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite leer los casos de entrenamiento contenidos en la carpeta seleccionada
BtnSeleccionarCasosClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite seleccionar los casos de entrenamiento
CbClasificarClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el selector que indica que se debe clasificar las

	imágenes leída después de procesadas.
FormCreate	Manejador del evento generado al inicializarse la interfaz de usuario
ListaCasosCambia	Manejador del evento generado por el usuario al seleccionar una lista de casos a contemplar
BtnCrearRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite crear una red neuronal
BtnEntrenarRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite
BtnFinalizarEntrenamientoClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite finalizar un entrenamiento en curso
BtnGuardarRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite guardar el resultado del entrenamiento de una red en un archivo
BtnResetPesosClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite inicializar el resultado del entrenamiento
BtnLeaveOneOutClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite realzar el control de calidad sobre la red entrenada Leave one out.
BtnLeerRedNeuronalClick	Manejador del evento generado por el usuario al presionar en la interfaz de usuario el botón que permite leer los pesos de una red neuronal guardados en un archivo

<b>Clase TFParametrosRed</b>	Interfaz gráfica para obtener del usuario los parámetros de una red neuronal.
NombreRed	Nombre asignado a la red neuronal
NumeroSalidas	Número de neuronas en la capa de salida
NumeroEntradas	Número de estímulos
NumeroNueronasCapa	Número de neuronas en las capas ocultas
NumeroCapas	Número de capas ocultas
GetParametrosRed	Retorna todos los parámetros de la red neuronal

<b>Clase TFSeleccionProc</b>	Interfaz gráfica para seleccionar una secuencia de funciones de procesamiento.
SecProc	La secuencia de procesamiento obtenida
FormCreate	Manejador del evento generado al inicializarse la interfaz de usuario
BtnNormClick	Manejador del evento generado al agregarse un filtro Notch a la secuencia de procesamiento
BtnMHClick	Manejador del evento generado al agregarse un detector de bordes de Marr & Hildreth a la secuencia de procesamiento.
BtnCannyClick	Manejador del evento generado al agregarse un detector de bordes de Canny a la secuencia de procesamiento
BtnOpenClick	Manejador del evento generado al agregarse una operación de apertura a la secuencia de procesamiento
BtnDilateClick	Manejador del evento generado al agregarse una operación de dilatación a la secuencia de procesamiento

BtnBinClick	Manejador del evento generado al agregarse una operación de binarización a la secuencia de procesamiento
BtnCloseClick	Manejador del evento generado al cerrarse la ventana.
BtnBlobsClick	Manejador del evento generado al agregarse una operación de eliminación de blobs a la secuencia de procesamiento
BtnBorrarClick	Manejador del evento generado al borrarse todas las operaciones de la secuencia de procesamiento
BtnSelTextClick	Manejador del evento generado al agregarse una operación de selección de zonas con texto a la secuencia de procesamiento

<b>Clase TFMostrarImagen</b>	Interfaz gráfica para mostrar una imagen y el resultado de su análisis y procesamiento.
MarcaTubo	Instancia de un objeto de tipo TMarcaTubo
ComparaFonts	Retorna el estimador de calidad de segmentación PixOK
FormCreate	Manejador del evento generado al inicializarse la interfaz de usuario
FormDestroy	Manejador del evento generado al liberarse los recursos tomados por la interfaz de usuario
MostrarAutoCorr	Muestra la autocorrelación de la proyección sobre el eje horizontal de la imagen procesada
MostrarProyeccion	Muestra la proyección sobre los ejes vertical y horizontal de la imagen procesada
MostrarProyeccionH	Muestra la proyección sobre el eje horizontal de la imagen procesada
MostrarProyeccionV	Muestra la proyección sobre el eje vertical de la imagen procesada

MostrarHistograma	Muestra el histograma de la imagen procesada
MostrarProyHSpect	Muestra el espectro de la proyección sobre el eje horizontal la imagen procesada
MostrarCalidadSegmentacion	Muestra la calidad de la segmentación
Actualizar	Actualiza los datos en pantalla.

En el Diagrama ASI 9 se muestran las clases que modelan los componentes principales del problema a resolver.

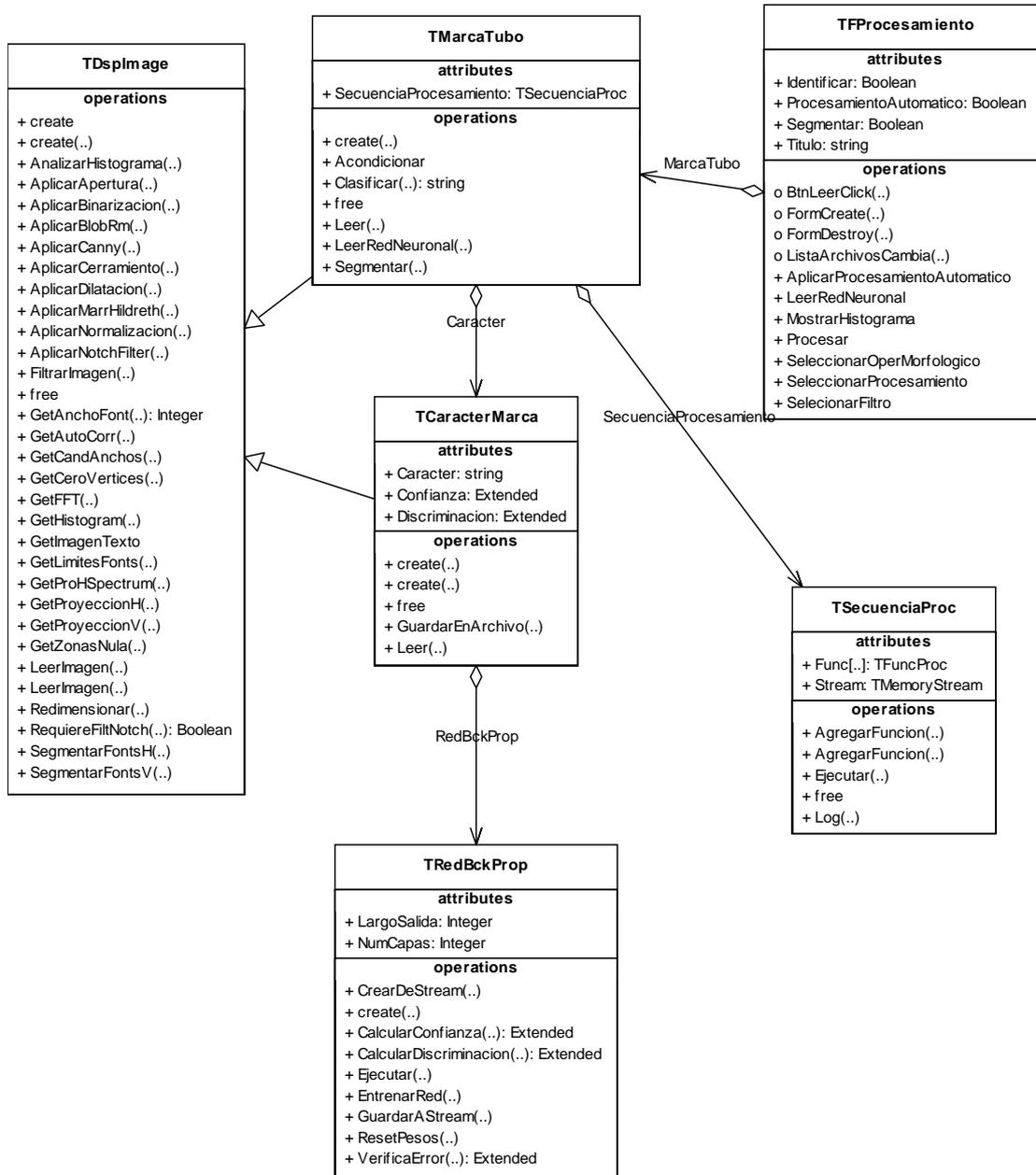


Diagrama ASI 9 Clases procesamiento

<b>Clase TCaracterMarca</b>	Representación de un carácter de una marca y sus posibles transformaciones
Caracter	Carácter identificado en la imagen contenida por la instancia de la clase
Confianza	Grado de confianza obtenido en la clasificación
Discriminación	Grado de discriminación obtenido en la clasificación
Leer	Procedimiento que permite leer y clasificar una imagen
GuardarEnArchivo	Procedimiento que permite guardar en un archivo las características del carácter y la red neuronal que contiene.

<b>Clase TMarcaTubo</b>	Representación de una marca de un tubo
SecuenciaProcesamiento	Secuencia de procesamiento a aplicar
Acondicionar	Aplica el procesamiento definido en la secuencia de procesamiento
Clasificar	Clasifica todas imágenes obtenidas en la segmentación y las compone para obtener la identificación contenida en la imagen
Leer	Lee una imagen conteniendo una marca de un tubo
LeerRedNeuronal	Modifica la red neuronal contenida en sus carácter leyéndola de un archivo
Segmentar	Segmenta la imagen contenida en la marca

<b>Clase TDsplImage</b>	Representación de una imagen y las operaciones matemáticas de transformación y análisis de la misma
AnalizarHistograma	Genera valores estadísticos producto del análisis del histograma

AplicarApertura	Aplicar un filtro de apertura
AplicarBinarizacion	Aplicar un filtro de binarización
AplicarBlobRm	Aplicar un filtro que elimina blobs
AplicarCanny	Aplicar un filtro tipo Canny
AplicarCerramiento	Aplicar un filtro de cerramiento
AplicarDilatacion	Aplicar un filtro de dilatación
AplicarMarrHildreth	Aplicar un filtro tipo Mar Hildreth
AplicarNormalizacion	Aplicar un filtro de normalización
AplicarNotchFilter	Aplicar un filtro tipo notch
FiltrarImagen	Aplicar un filtro genérico
GetAnchoFont	Retorna el ancho en pixels de un carácter
GetAutoCorr	Retorna la auto correlación de la proyección horizontal de la imagen
GetCandAnchos	Retorna un conjunto de candidatos a anchos de un carácter
GetCeroVertices	Retorna un conjunto de puntos en donde la proyección horizontal se encuentra por debajo de un umbral
GetFFT	Retorna la transformada de Fourier de la imagen
GetImagenTexto	Recorta de una imagen la zona de interés para el análisis
GetHistogram	Retorna el histograma de la imagen
GetLimitFonts	Retorna un conjunto de zonas que limitan los caracteres en una imagen
GetProHSpectrum	Retorna el espectro de la proyección horizontal de la imagen
GetProyeccionV	Retorna la proyección horizontal de la imagen

GetProyeccionH	Retorna la proyección vertical de la imagen
GetZonasNula	Retorna un conjunto de zonas en que la proyección horizontal de la imagen se hace menor que una cota
LeerImagen	Lee la imagen contenida en un archivo
Redimensionar	Modifica el alto y el ancho de una imagen interpolando
RequiereFiltNotch	Indica si una imagen requiere aplicación de un filtro notch durante su procesamiento automático
SegmentarFontsV	Segmenta la imagen en sentido vertical
SegmentarFontsH	Segmenta la imagen en sentido horizontal

En el Diagrama ASI 10 se muestran las clases que modelan una secuencia arbitraria de procesamiento.

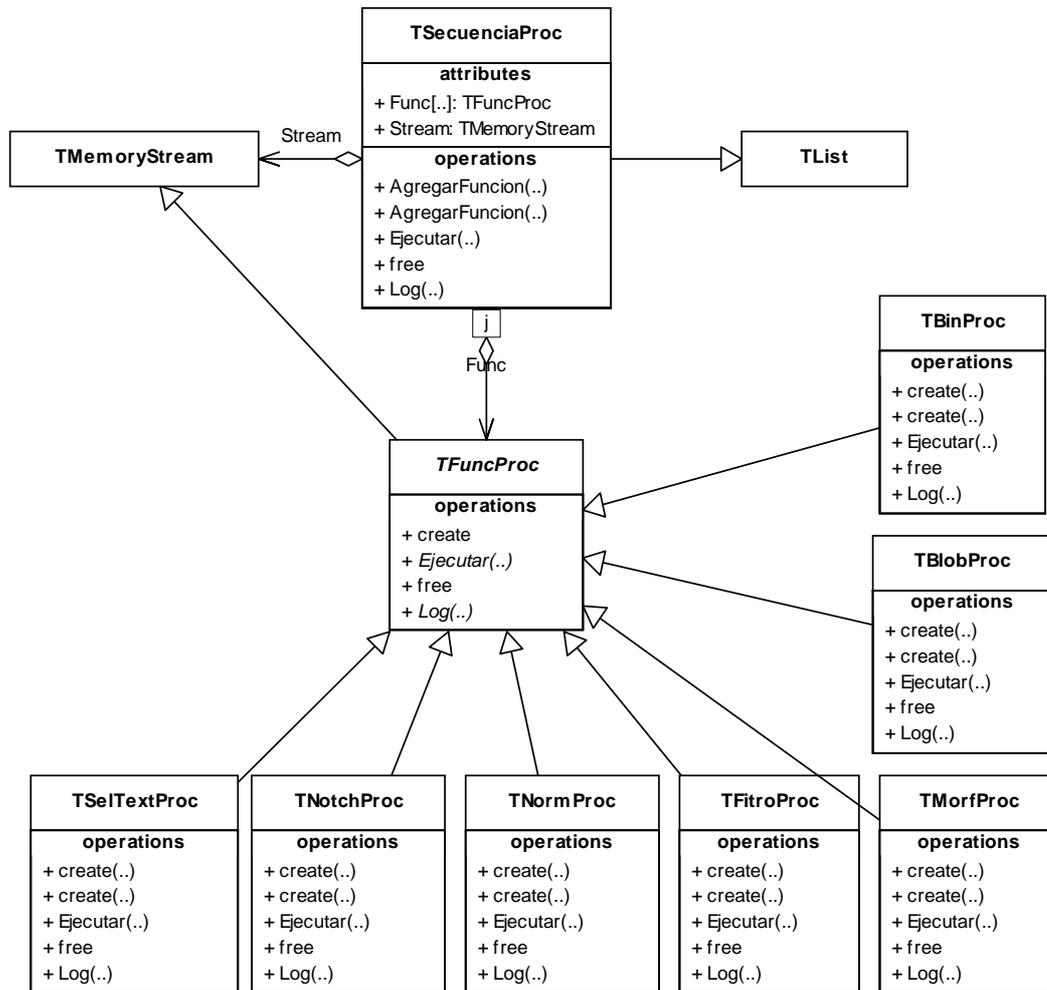


Diagrama ASI 10 Clases secuencia procesamiento

<b>Clase TSecuenciaProc</b>	Representación de una secuencia de funciones de procesamiento.
Stream	Secuencia de procesamiento codificada en forma binaria
Func	Funciones que componen la secuencia de procesamiento
AgregarFuncion	Agrega una función a la lista
Ejecutar	Ejecuta la secuencia de procesamiento contenida
Log	Informa las funciones contenidas en la lista y sus parámetros

<b>Clase TFuncProc</b>	Clase abstracta que define las funciones de procesamiento
Ejecutar	Ejecuta la función
Log	Informa sobre quien es la función contenida y sus parámetros

<b>Clase TFitroProc</b>	Implementación de una función de procesamiento de filtrado.
Ejecutar	Ejecuta la función
Log	Informa sobre quien es la función contenida y sus parámetros

TbinProc, TblobProc, TmorfProc, TfiltroProc, TnormProc, TnotchProc, TblobProc y TselTextProc contienen implementaciones particulares de funciones de procesamiento de imágenes, reimplementando los procedimientos Ejecutar y Log antes descritos

En el Diagrama ASI 11 se muestran las clases que modelan el entrenamiento de la red neuronal.

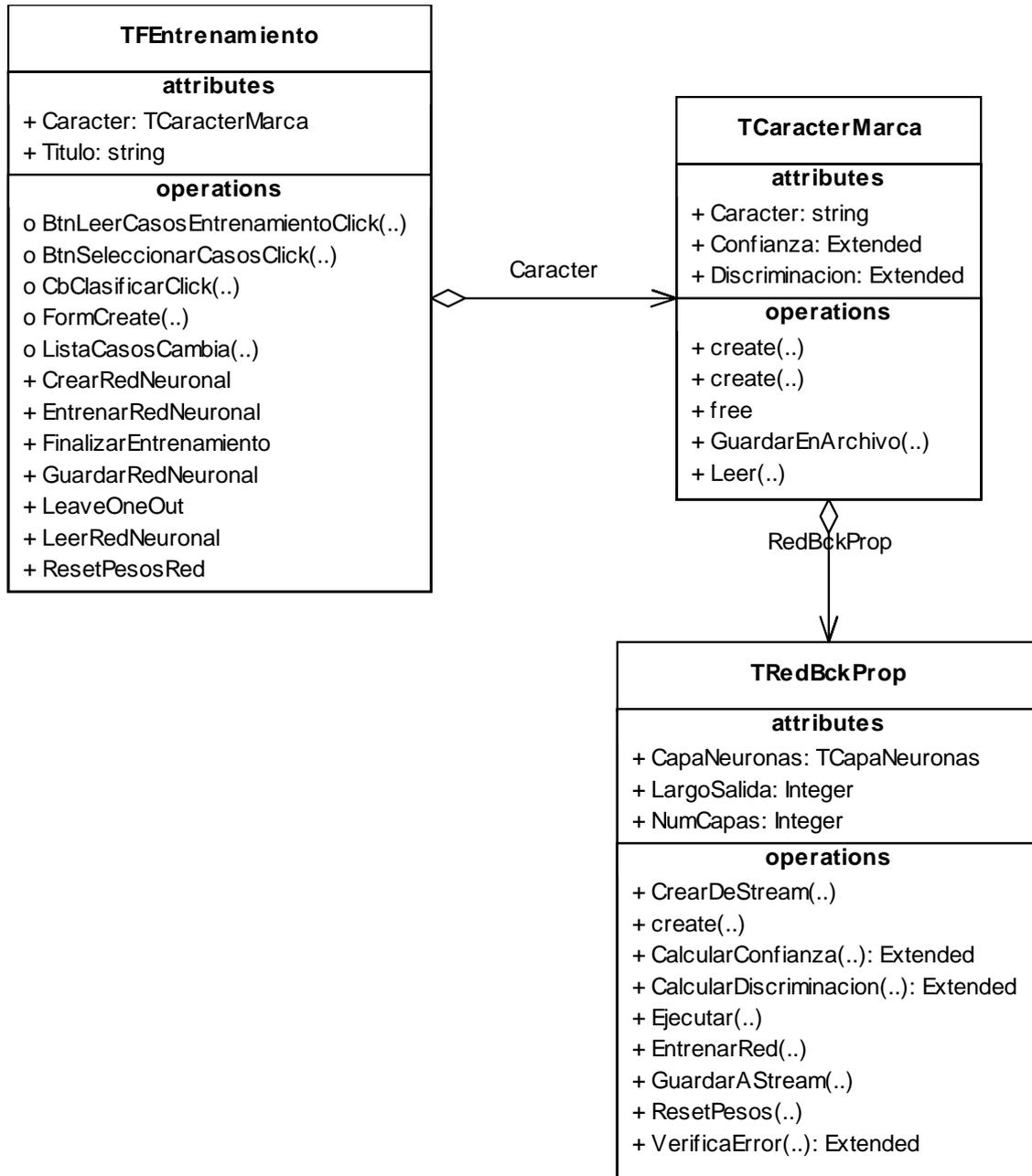


Diagrama ASI 11

<b>Clase TRedBckProp</b>	Implementa una red neuronal tipo back propagation
LargoSalida	Número de neuronas en la capa de salida
NumCapas	Número de capas ocultas en la red

CrearDeStream	Lee en un stream los pesos y estructura de la red
CalcularConfianza	Estima la confianza obtenida en una clasificación
CalcularDiscriminacion	Estima la discriminación obtenida en una clasificación
Ejecutar	Clasifica un conjunto de datos de entrada
EntrenarRed	Entrena la red neuronal
GuardarAStream	Guarda en un stream los pesos y estructura de la red
ResetPesos	Inicializa los pesos de la red
VerificaError	Calcula una estimación del error durante el entrenamiento

En el Diagrama ASI 12 se muestran las clases que modelan una red neuronal

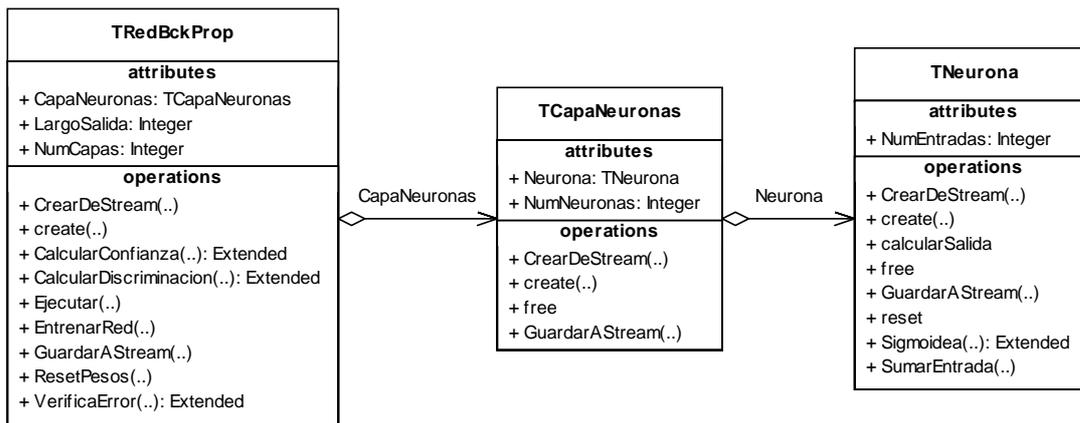


Diagrama ASI 12 Clases red neuronal

<b>Clase</b> <b>TcapaNeuronas</b>	Implementa una capa de neuronas en una red neuronal
Neuronas	Neuronas de la capa
NumNeuronas	Número de neuronas en la capa
CrearDeStream	Lee en un stream los pesos y estructura de la capa
GuardarAStream	Guarda en un stream los pesos y estructura de la capa

<b>Clase TNeurona</b>	Implementa una neurona de una red neuronal
NumEntradas	Número de neuronas conectadas a la entrada
CrearDeStream	Crea una neurona a partir de un stream
CalcularSalida	Calcula la respuesta de la red a sus entradas
GuardarAStream	Guarda la estructura y pesos de la neurona a partir de un stream
Reset	Inicializa los pesos de la conexiones de la neurona
Sigmoidea	Función de activación de la neurona
Pesos	Pesos de las conexiones con otras neuronas, entradas o salidas
Salida	Salida obtenida por una activación dada de las entradas a la neurona
Error	Error en la clasificación

En el Diagrama ASI 13 se muestra un resumen de todas las clases intervinientes.

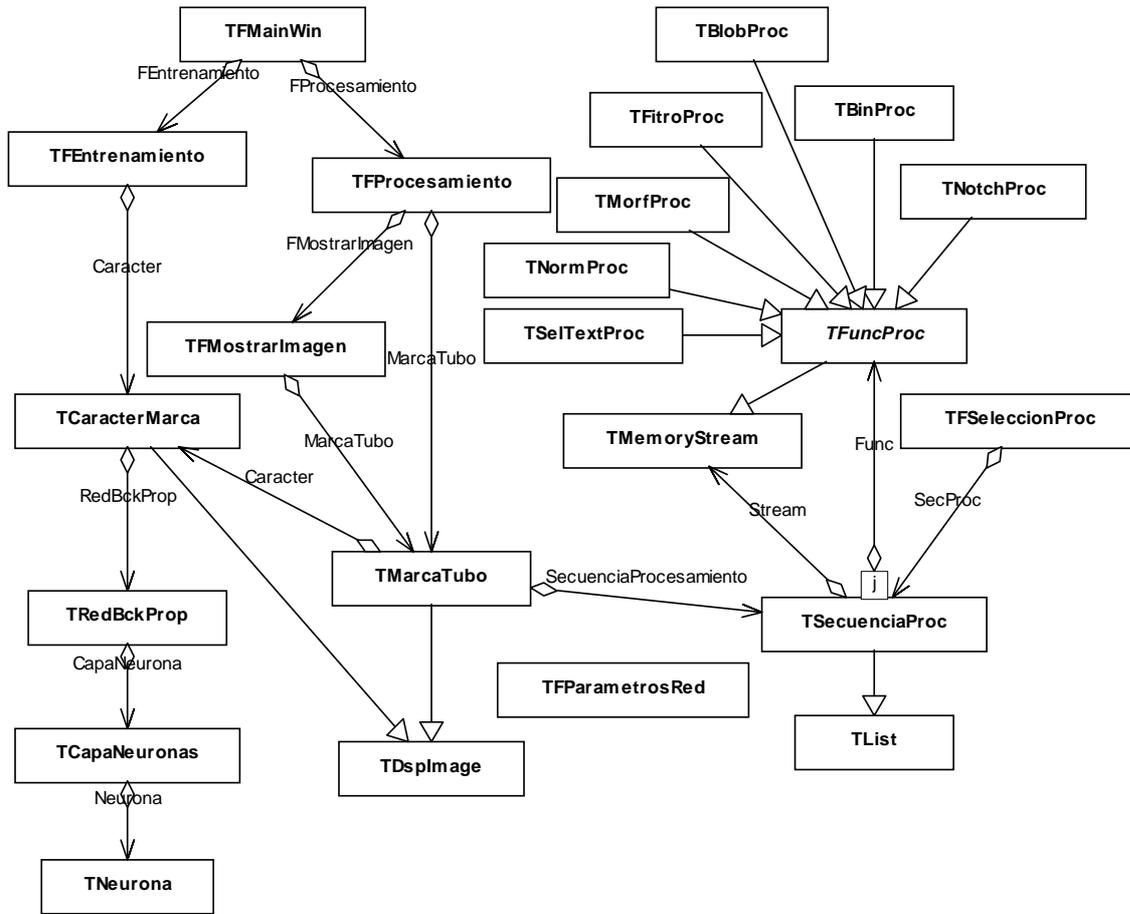


Diagrama ASI 13 Clases del sistema

### Módulo de detección automática de tubos

Los requerimientos para este módulo son muy simples y pueden representarse mediante el modelo de objetos que se muestran en el Diagrama ASI 14.

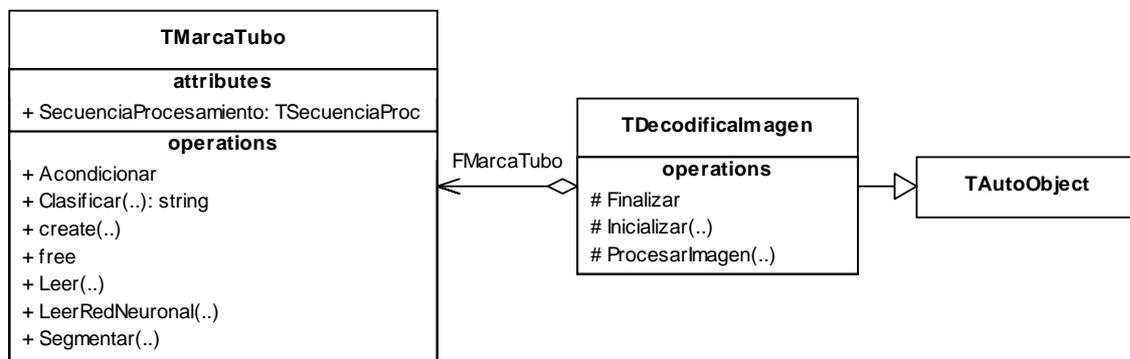


Diagrama ASI 14 Clases identificación de tubos

<b>Clase TDecodificaImagen</b>	Implementa las interfaces provistas por el módulo de identificación automática
Inicializar	Inicializa el módulo
Finalizar	Libera los recursos tomados por el módulo
ProcesarImagen	Acondiciona, segmenta e identifica la imagen de una marca

La clase TAutoObject implementa la funcionalidad necesaria para proveer interfaces COM.

### **ACTIVIDAD ASI 6: Elaboración del modelo de datos**

El objetivo de esta actividad que se lleva a cabo únicamente en el caso de *Análisis Estructurado* es identificar las necesidades de información de cada uno de los procesos que conforman el sistema de información, con el fin de obtener un modelo de datos que contemple todas las entidades, relaciones, atributos y reglas de negocio necesarias para dar respuesta a dichas necesidades [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza por utilizarse análisis orientado a objetos.

### **ACTIVIDAD ASI 7: Elaboración del modelo de procesos**

El objetivo de esta actividad, que se lleva a cabo únicamente en el caso de *Análisis Estructurado*, es analizar las necesidades del usuario para establecer el conjunto de procesos que conforma el sistema de información. Para ello, se realiza una descomposición de dichos procesos siguiendo un enfoque descendente (*top-down*), en varios niveles de abstracción, donde cada nivel proporciona una visión más detallada del proceso definido en el nivel anterior [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza por utilizarse análisis orientado a objetos.

### **ACTIVIDAD ASI 8: Definición de interfaces de usuario**

En esta actividad se especifican las interfaces entre el sistema y el usuario: formatos de pantallas, diálogos, e informes, principalmente. El objetivo es realizar un análisis de los procesos del sistema de información en los que se requiere una interacción del usuario, con el fin de crear una interfaz que satisfaga todos los requisitos establecidos, teniendo en cuenta los diferentes perfiles a quienes va dirigido [Métrica versión 3].

El módulo de identificación automática no tiene interfaz de usuario, por lo que no es considerado para esta actividad.

### **Tarea ASI 8.1: Especificación de Principios Generales de la Interfaz**

**Informe de salida: Especificación de Interfaz de Usuario**

#### **Principios Generales de la Interfaz**

La aplicación de análisis y pruebas se debe desarrollar utilizando las facilidades gráficas disponibles en el entorno tipo RAD Delphi. Dado que esa herramienta permite obtener rápidamente maquetas de la interfaz de usuario, en lugar de dar mayor detalle a los principios se realiza en esta etapa reuniones entre los analistas y usuarios definiéndose con precisión como debe construirse la misma.

### **Tarea ASI 8.2: Identificación de Perfiles y Diálogos**

No se realiza por utilizarse análisis orientado a objetos.

### **Tarea ASI 8.3: Especificación de Formatos Individuales de la Interfaz de Pantalla**

**Informe de salida: Especificación de Interfaz de Usuario**

#### **Formatos Individuales de Interfaz de Pantalla**

Se incluye a continuación las pantallas que constituyen la interfaz de usuario del sistema de análisis y pruebas.

En el Figura ASI 1 se muestra la ventana principal de la aplicación. En esta se observa sobre la derecha una barra con botones los cuales permiten visualizar cada una de las dos secciones en que se divide la interfaz de usuario de este sistema:

1. Procesamiento: Facilidades para la realización de pruebas variando tanto procesamiento como la imagen sobre el que este se aplica.
2. Red Neuronal: Facilidades para la creación, entrenamiento y prueba de una red neuronal.
3. Salir de la aplicación.

En la parte superior se observa un menú que permite realizar diversas acciones según se explica más adelante. En el resto de la ventana se observa una serie de imágenes y controles que varían según la sección que se encuentra visible. En el caso de la Figura ASI 1 corresponde con Procesamiento.

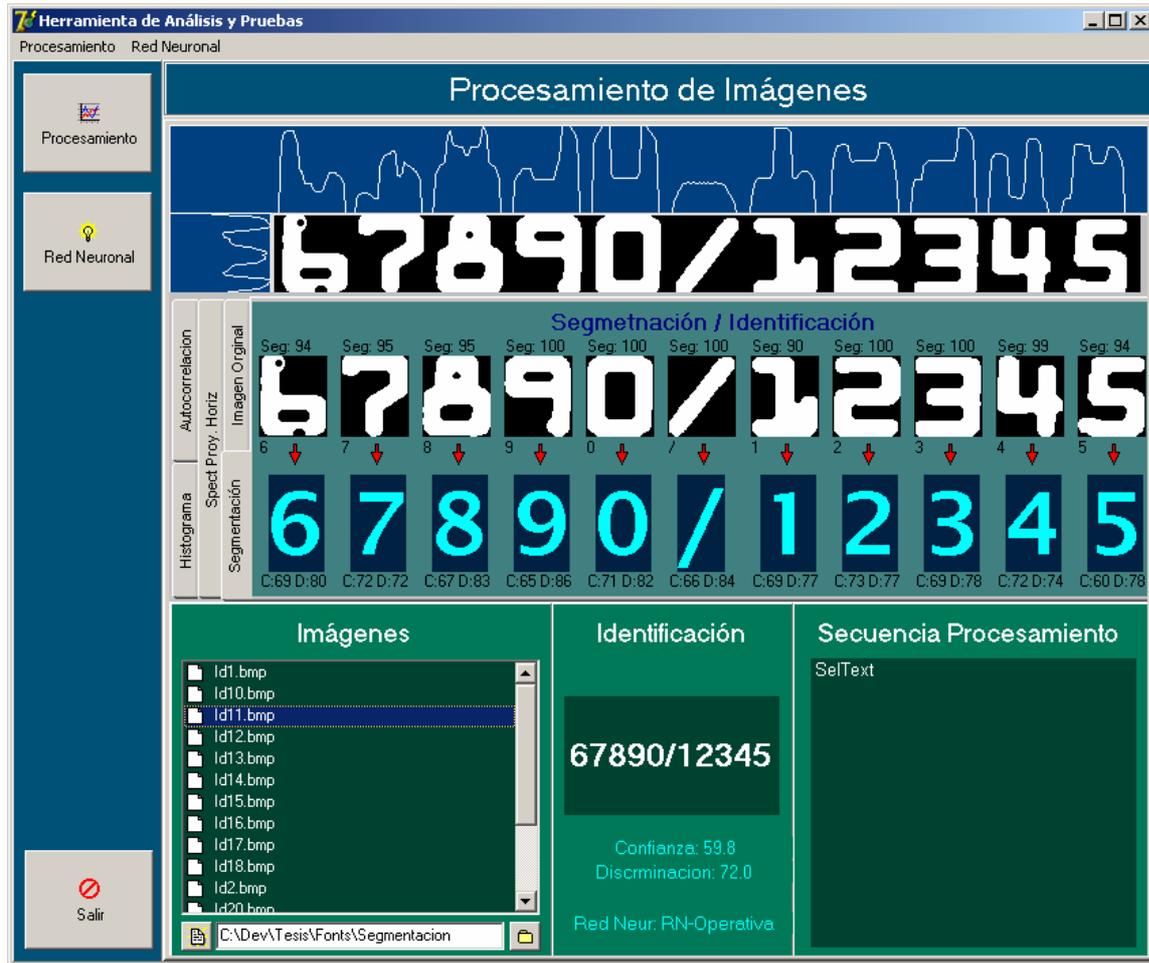


Figura ASI 1

Pantalla principal de la aplicación

### Procesamiento de imágenes

En la parte superior de esta zona se encuentra un título que señala la sección de la aplicación que se está visualizando (" Procesamiento de imágenes " en este caso).

La sección " Procesamiento " muestra en su parte superior la imagen resultado del acondicionamiento definido así como también las proyecciones horizontal y vertical de la misma (en blanco con fondo azul).

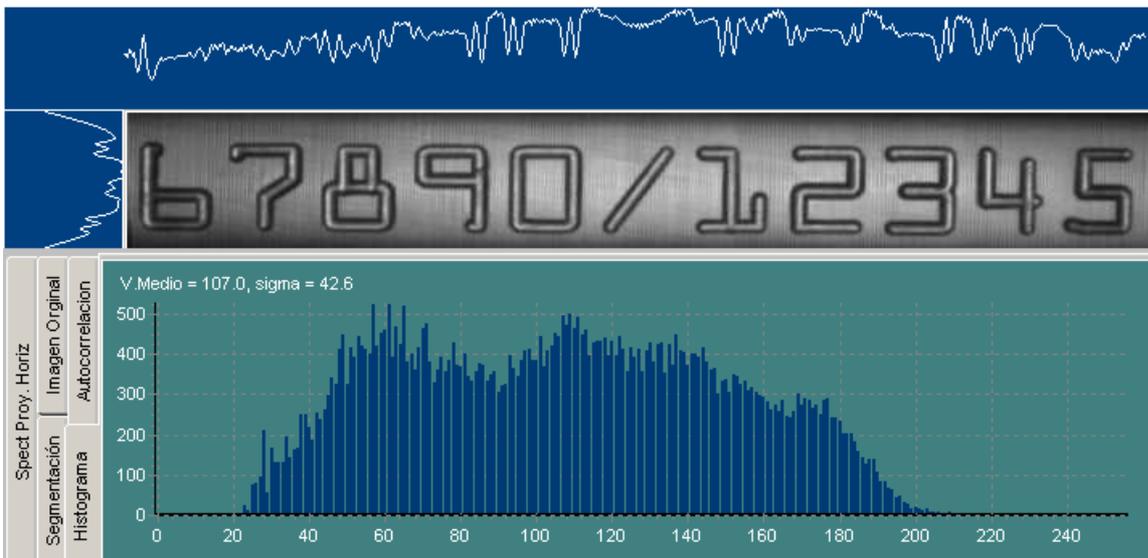
En la zona central se muestra el resultado del procesamiento completo, es decir los caracteres segmentados y debajo de los mismos su clasificación usando redes neuronales (en tonos de celeste y azul) así como también los indicadores de calidad. Encima de los caracteres segmentados se observa el estimador de calidad del procesamiento de imágenes / segmentación y debajo de los caracteres

resultado de la clasificación la confianza y discriminación obtenida para cada uno de ellos.

Se muestra además en forma gráfica la imagen original (Figura ASI 2) el histograma (Figura ASI 3), la auto correlación de la proyección sobre el eje horizontal (Figura ASI 4) y su espectro (Figura ASI 5) para la imagen procesada.



**Figura ASI 2**  
Imagen a procesar



**Figura ASI 3**  
Histograma de la imagen acondicionada

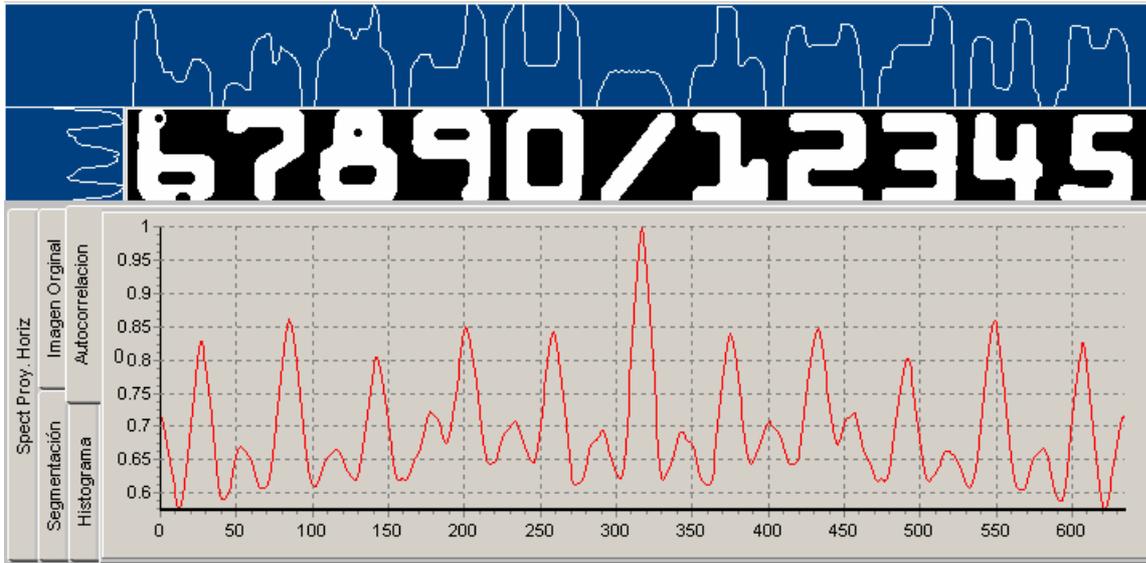


Figura ASI 4

Autocorrelación de la imagen acondicionada

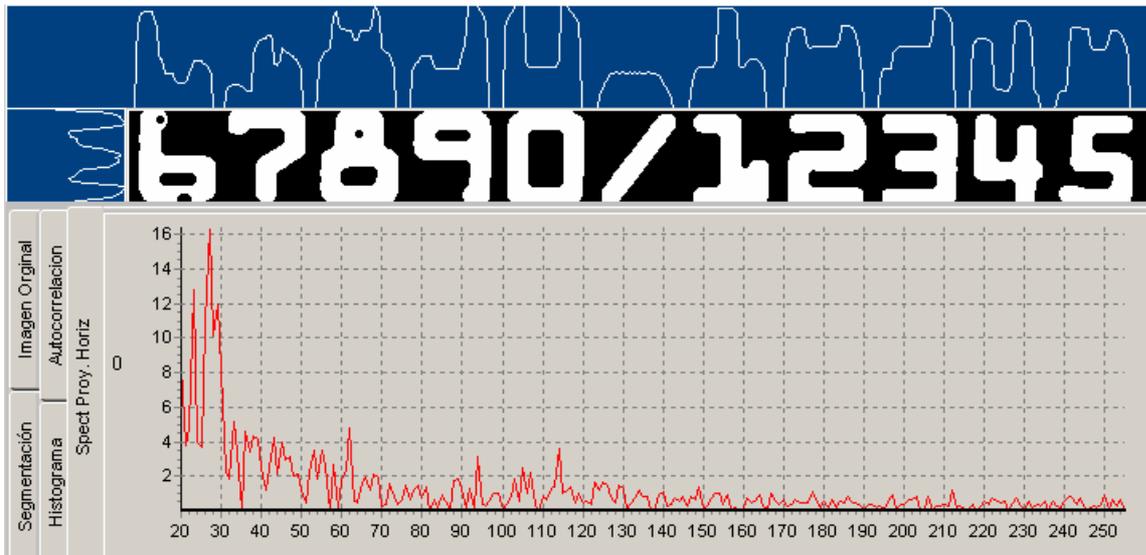


Figura ASI 5

Espectro de la proyección sobre el eje horizontal de la imagen acondicionada

En la parte inferior de Figura ASI 1 se encuentran a la izquierda controles que permiten seleccionar la carpeta en donde se localizan los archivos con las imágenes a procesar y una lista de los mismos. Seleccionando uno de estos archivos el mismo será leído por la aplicación, se le aplicará el procesamiento definido y se mostrará el resultado según se indicó anteriormente. Junto a la lista de archivos a procesar se encuentra el resultado final del procesamiento, es decir la identificación del tubo en cuestión (que en el caso de la Figura ASI 1 es

67890/12345). Por ultimo en la sección inferior derecha se encuentra la descripción de la secuencia de procesamiento aplicado (En este caso se encuentra en blanco ya que se está aplicando el procesamiento automático).

El menú que se muestra en parte superior de la aplicación tiene una entrada dedicada específicamente para esta sección según se muestra en la Figura ASI 6.

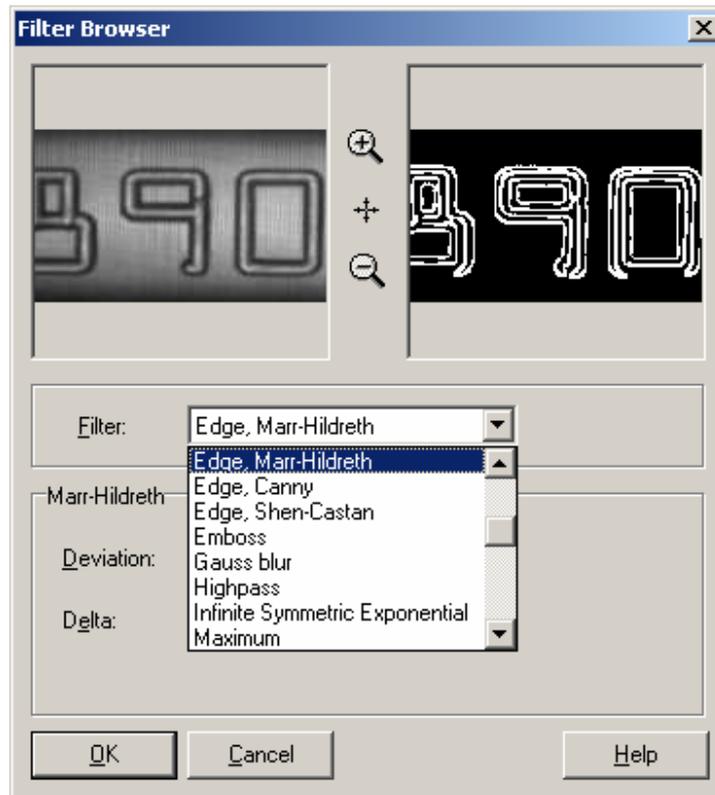
Procesamiento	Red Neuronal
Filtros	Ctrl+F
Operadores Morfológicos	Ctrl+M
Modificar Histograma	Ctrl+H
Secuencia Procesamiento	Ctrl+P
Aplicar Secuencia	Ctrl+A
Segmentar	Ctrl+S
Identificar	Ctrl+I
Leer Red Neuronal	Ctrl+L
<input checked="" type="checkbox"/> Procesamiento Automático	Ctrl+Q

**Figura ASI 6**

#### Menú con opciones de procesamiento

Las entradas en este menú permiten:

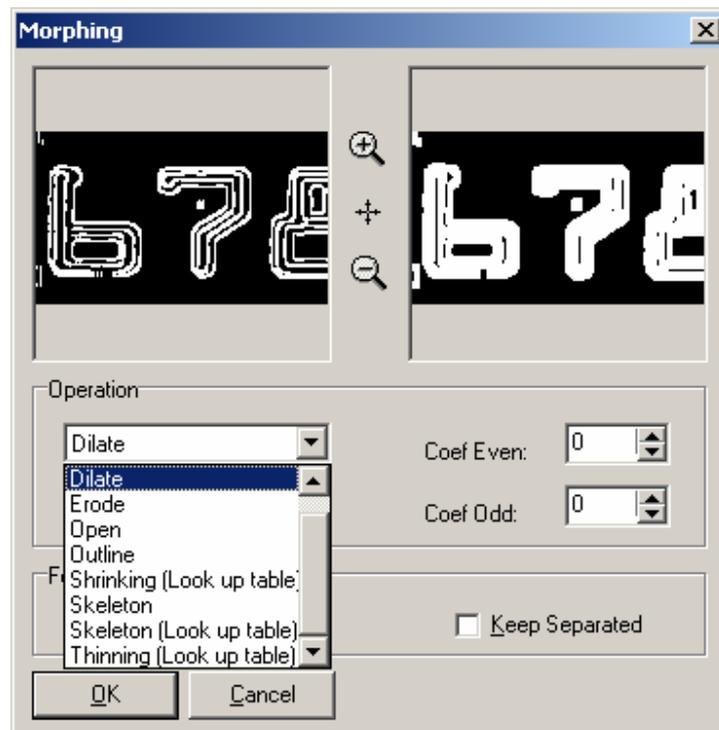
- Filtros: Abre un cuadro de diálogo para realizar pruebas seleccionando filtros según se muestra en la Figura ASI 7 (provista por la librería "Toolkint for Delphi" que se planifica utilizar según se describió en la Tarea EVS 4.2: Descripción de las Alternativas de Solución). Para mayor información sobre la misma consultar en la documentación del producto.



**Figura ASI 7**

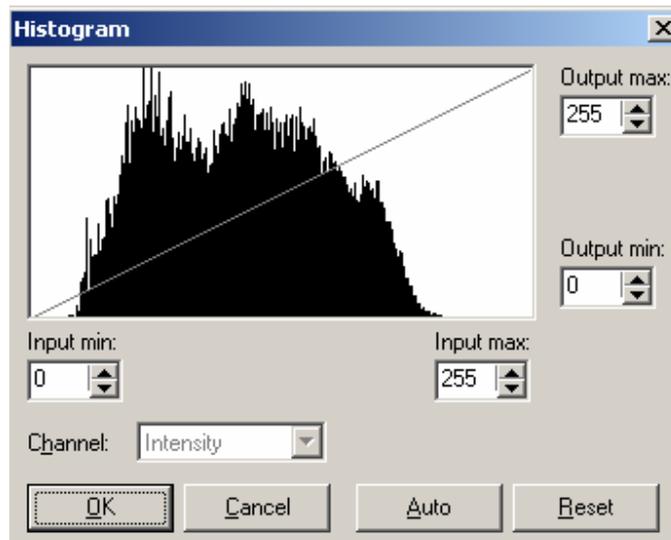
Selección de filtros a aplicar

- ✦ Operadores Morfológicos: Abre un cuadro de diálogo para realizar pruebas seleccionando Operadores Morfológicos según se muestra en la Figura ASI 8 (provista por la librería "Toolkint for Delphi" que se planifica utilizar según se describió en la Tarea EVS 4.2: Descripción de las Alternativas de Solución). Para mayor información sobre la misma consultar en la documentación del producto.



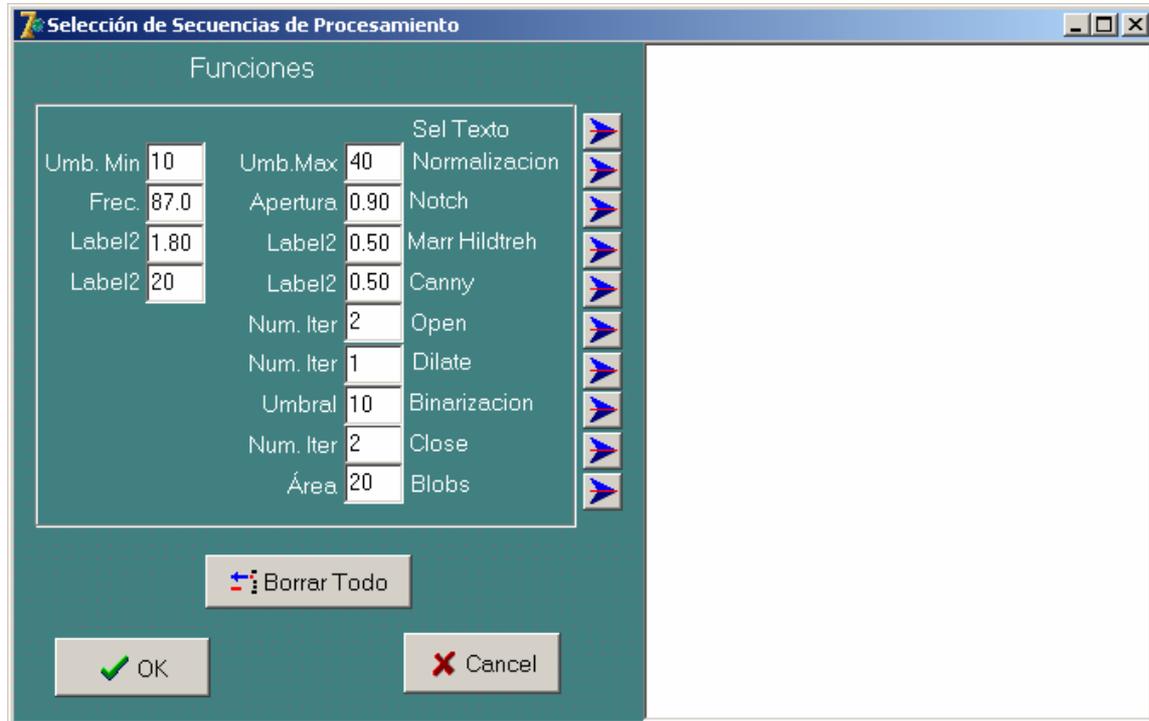
**Figura ASI 8** Selección de operadores morfológicos

- α **Modificar Histograma:** Abre un cuadro de diálogo que permite seleccionar los parámetros para modificar el histograma según se muestra en la Figura ASI 9 (provista por la librería "Toolkint for Delphi" que se planifica utilizar según se describió en la Tarea EVS 4.2: Descripción de las Alternativas de Solución). Para mayor información sobre la misma consultar en la documentación del producto.



**Figura ASI 9** Modificación del histograma

- **Secuencia de Procesamiento:** Permite definir la secuencia de procesamiento a aplicar. Seleccionándolo, la aplicación muestra la pantalla que muestra en la Figura ASI 10



**Figura ASI 10**

#### Selección de la secuencia de procesamiento

Su comportamiento es muy sencillo, presionando los botones con las flechas se agrega a la secuencia la función asociada con los parámetros que se muestran en pantalla. El resultado de la selección se muestra en la parte derecha de la ventana.

- **Aplicar Secuencia:** Aplica a la imagen la secuencia de procesamiento seleccionada.
- **Segmentar:** Define si se debe o no segmentar la imagen
- **Identificar:** Define si se debe realizar la identificación (requiere que primero se habilite la segmentación)
- **Leer Red Neuronal:** Modificar la red neuronal en uso para clasificar los caracteres.
- **Procesamiento automático:** Identifica si se aplica el procesamiento implementado en el módulo de procesamiento automático, el resultado de este procesamiento se muestra en la parte superior (acondicionamiento) y en la parte inferior (identificación).

Todas estas opciones deberán ser accedidas en forma rápida mediante las teclas indicadas.

### Red Neuronal

En la Figura ASI 11 se muestra la ventana de la aplicación. Permite crear, entrenar y probar una red neuronal. En la parte superior de la misma se observa el título que indica la sección de la aplicación que se encuentra visible ( " Entrenamiento Red Neuronal " en este caso).

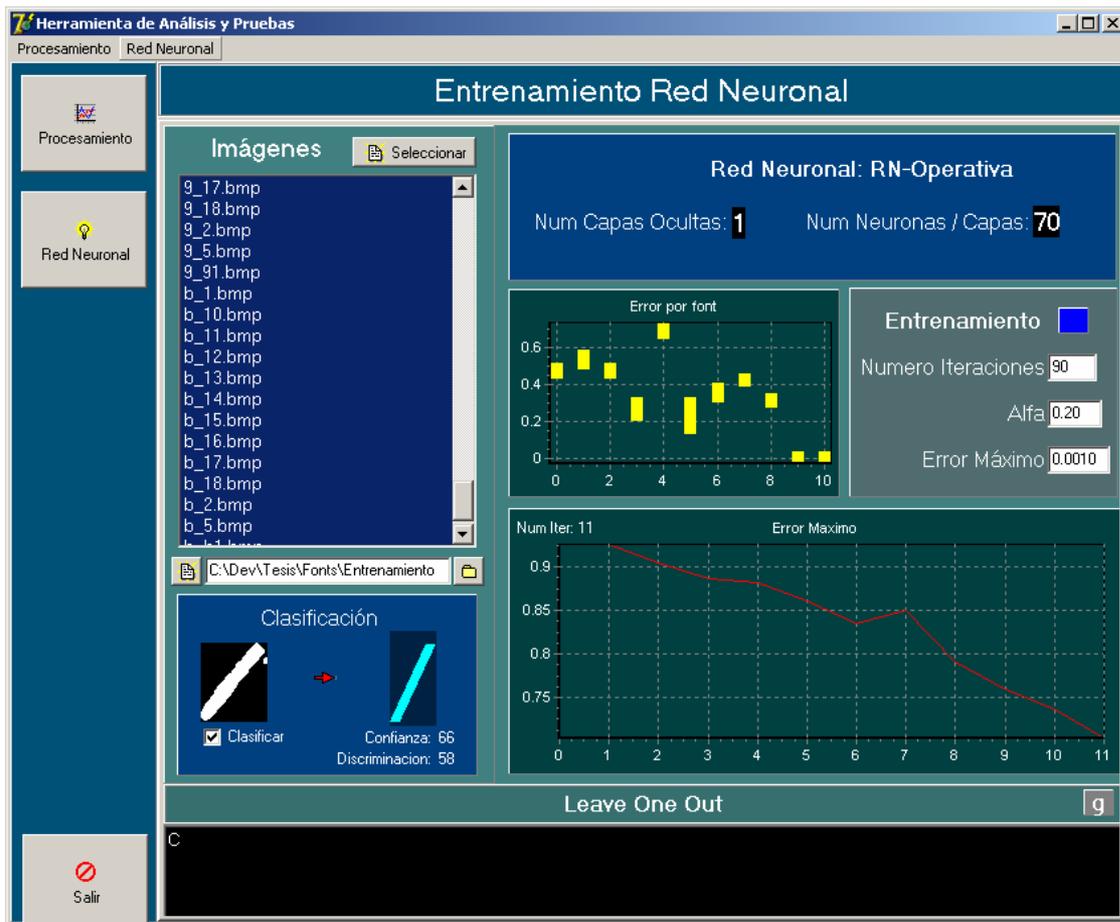


Figura ASI 11

### Entrenamiento red neuronal

En la parte superior izquierda se encuentran una serie de controles que permiten seleccionar los imágenes a procesar (casos de entrenamiento e imágenes para pruebas), es decir, la carpeta donde se encuentran y los archivos en la misma a utilizar. Seleccionado un archivo en esta lista puede observarse debajo de la misma, en la zona cuyo título es " Clasificación ", la imagen que contiene y utilizar la red neuronal para clasificarlo. A la derecha de la lista de archivos en uso se visualizan las características principales de la red neuronal utilizada.

Los dos gráficos que se muestran en esta pantalla muestran la evolución del error global máximo obtenido después de cada iteración durante el entrenamiento y del error por tipo de caracter para los que se entrena la red.

La zona gris en la parte media de la pantalla contiene controles que permiten definir los parámetros requeridos para el entrenamiento de la red neuronal.

Por ultimo en la parte inferior de esta ventana se observa una zona negra en la que se informará al usuario del resultado de la prueba de control de calidad Leave One Out cuando este se lleve a cabo.

El menú que se muestra en parte superior de la aplicación tiene una entrada dedicada especialmente a esta sección según se muestra en la Figura ASI 12.

Red Neuronal	
Crear	Ctrl+C
Entrenar	Ctrl+E
Leer	Ctrl+L
Guardar	Ctrl+G
Terminar Entrenamiento	Ctrl+T
Reset Pesos Red	Ctrl+R
Leave One Out	Ctrl+L

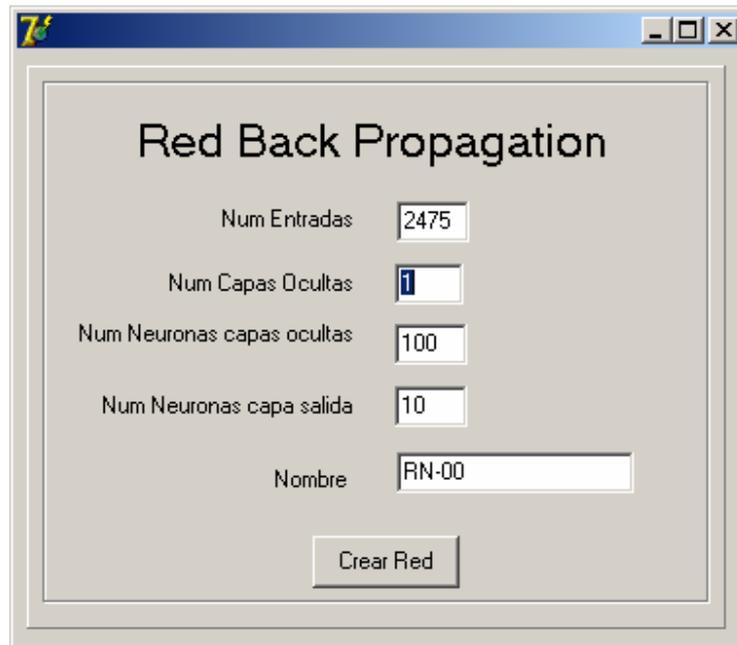
**Figura ASI 12**

#### Menú red neuronal

Menú para el acceso a las facilidades de creación, entrenamiento y prueba de una red neuronal

Las entradas en este menú permiten:

- Crear: Crear una red neuronal. Este se realiza ingresando los datos en la pantalla que se muestra en la Figura ASI 13



**Figura ASI 13**

Ventana para la creación de una red neuronal

- ✘ Entrenar: Comenzar el entrenamiento de una red neuronal previamente creada.
- ✘ Leer: Leer de un archivo una red neuronal previamente salvada.
- ✘ Guardar: Guardar a un archivo una red neuronal.
- ✘ Terminar entrenamiento: Interrumpir el entrenamiento de una red neuronal.
- ✘ Reset Pesos Red: Inicializar con un valor aleatorio los pesos de la red neuronal.
- ✘ Leave One Out: Ejecutar este control de calidad sobre los casos seleccionados con la red neuronal disponible.

También se muestra en la Figura ASI 12 las teclas de acceso rápido a cada entrada de este menú.

#### **Tarea ASI 8.4: Especificación del Comportamiento Dinámico de la Interfaz**

Esta tarea no es necesaria en el contexto de esta aplicación dada la sencillez del comportamiento dinámico de la interfaz de usuario especificada. Por este motivo estos aspectos fueron explicitados en la tarea anterior.

#### **Tarea ASI 8.5: Especificación de Formatos de Impresión**

No se prevén salidas impresas.

**ACTIVIDAD ASI 9: Análisis de consistencia y especificación de requisitos**

El objetivo de esta actividad es garantizar la calidad de los distintos modelos generados en el proceso de Análisis del Sistema de Información, y asegurar que los usuarios y los Analistas tienen el mismo concepto del sistema [Métrica versión 3].

**Tarea ASI 9.1: Verificación de los Modelos**

Los modelos se verificaron no encontrándose necesario realizar modificaciones sobre los mismos.

**Tarea ASI 9.2: Análisis de Consistencia entre Modelos**

Dado lo sencillo del modelo de datos involucrado no se considera necesario realizar esta actividad más allá de la simple inspección de los mismos, lo cual se realizó sin encontrarse la necesidad de realizar modificaciones.

**Tarea ASI 9.3: Validación de los Modelos**

Se construyó un prototipo de la interfaz de usuario con el que se validó la misma así como también la satisfacción de los requisitos funcionales por parte del sistema.

**Tarea ASI 9.4: Elaboración de la Especificación de Requisitos Software (ERS)**

**Informe de salida: Especificación de Requisitos Software (ERS)**

Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

**Introducción.**

Task Name	Start	Finish	Jan '06	Feb '06	Ma
<input type="checkbox"/> <b>Análisis SI</b>	<b>Fri 13/01/06</b>	<b>Tue 07/02/06</b>			
Definición del sistema	Fri 13/01/06	Tue 17/01/06	3 days		
Establecimiento de requisitos	Wed 18/01/06	Thu 19/01/06	2 days		
Ident de subsis de análisis	Fri 20/01/06	Fri 20/01/06	1 day		
Análisis de casos de uso y clases	Mon 23/01/06	Thu 26/01/06	4 days		
Definición de interfaces de usuario	Fri 27/01/06	Wed 01/02/06	4 days		
Análisis de cons y esp de requisitos	Thu 02/02/06	Fri 03/02/06	2 days		
Especificación del plan de pruebas	Mon 06/02/06	Tue 07/02/06	2 days		
<input type="checkbox"/> <b>Diseño SI</b>	<b>Wed 08/02/06</b>	<b>Fri 17/02/06</b>			

Esta introducción se compone de lo expresado en:

- Capítulo 1.1 Introducción

- ✘ Capítulo 3.2.1 Identificación de tubos de acero – Introducción
- ✘ Capítulo 3.2.2 Método de identificación

### **Ámbito y alcance.**

Esta sección se compone de lo expresado en:

- ✘ Capítulo 3.2.3 Características de las imágenes a estudiar

### **Participantes.**

- ✘ Dr. Ramón García Martínez
- ✘ M. Ing. Alejandra Ochoa.
- ✘ Lic. Pablo Behrend

### **Requisitos del sistema de información.**

Esta sección se compone de lo expresado en:

- ✘ Tarea PSI 6.2: Definición del Modelo de Sistemas de Información (Modelo de sistema de información)

En donde se describen los requisitos de alto nivel del problema.

- ✘ Tarea EVS 1.1: Estudio de la Solicitud (Descripción General del Sistema)

En donde se describe los sistemas a desarrollar.

- ✘ Tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos (Catálogo de Requisitos)

En donde se describen los requisitos funcionales, de entorno, interfaz y eficiencia.

- ✘ Actividad ASI 8: Definición de interfaces de usuario

En donde se describe la interfaz de usuario del sistema.

### **Visión general del sistema de información.**

Esta sección se compone de lo expresado en:

- ✘ Tarea PSI 8.1: Definición de Proyectos a Realizar (Plan de Proyectos)

En donde se describen la partición de los requerimientos de alto nivel en dos conjuntos, uno relacionado con el desarrollo de una herramienta de soporte al proceso de investigación necesario y otra relacionada con la identificación de marcas en fotos de tubos de acero.

### **Referencia de los productos a entregar.**

Los productos finales de la solución buscada lo constituyen

- Módulo de Interpretación automática de identificaciones en imágenes
- Sistema de Análisis y Pruebas
- Manual de usuario del Sistema de Análisis y Pruebas

### **Plan de acción.**

El establecimiento y aprobación de estos requisitos no modifica la planificación realizada en la interfaz de gestión del proyecto.

### **ACTIVIDAD ASI 10: Especificación del plan de pruebas**

En esta actividad se inicia la definición del plan de pruebas, el cual sirve como guía para la realización de las pruebas, y permite verificar que el sistema de información cumple las necesidades establecidas por el usuario, con las debidas garantías de calidad [Métrica versión 3].

### **Tarea ASI 10.1: Definición del Alcance de las Pruebas**

#### **Informe de salida: Plan de Pruebas**

#### **Especificación de los Niveles de Pruebas**

Para poder asegurar la calidad de la solución provista se consideran críticos dos niveles de prueba:

1. Bajo nivel: Prueba de la exactitud de los algoritmos de procesamiento matemáticos.
2. Alto nivel: Prueba de la confiabilidad en la clasificación automática de los tubos.

Para realizar las pruebas se dispone de los siguientes recursos humanos

- a. Lic. Pablo Behrend: llevará adelante las pruebas
- b. M. Ing. Alejandra Ochoa: Dará la aprobación formal del cumplimiento del plan de pruebas.

El proceso de prueba a seguir tendrá una primera etapa, realizada informalmente, en la que se realizará la depuración y posteriormente para los casos que se especifican se realizará una prueba planificada, documentada y revisada formalmente.

Las pruebas informales incluirán siempre en un primer paso la lectura del código fuente, en un segundo pruebas tipo walk through y en un tercer paso pruebas de caja negra. Siendo coordinados los casos de pruebas entre el programador y el especialista en procesamiento de señales o redes neuronales (cuando corresponda).

Las pruebas de módulos individuales y de integración no serán registradas formalmente y se llevarán adelante siguiendo la metodología antes indicada.

La prueba de sistema y aceptación se registrarán formalmente.

Las pruebas de sistema se realizarán con el objetivo de verificar el funcionamiento del sistema completo y estarán a cargo del autor de esta tesis. Las pruebas de aceptación cuya meta será obtener la aprobación del cliente, serán realizadas con la participación de la codirectora de tesis, M. Ing. Alejandra Ochoa cumpliendo ese rol.

Las pruebas de sistema se realizarán cuando el líder del proyecto (el autor de esta tesis) indique que se han cumplido los pasos previstos para el desarrollo y se dispone de una versión funcional completa del sistema y su documentación. Para la herramienta de análisis y pruebas se utilizarán los casos documentados en la tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos.

Las pruebas de aceptación de la herramienta de análisis y pruebas se realizarán una vez cumplidas exitosamente las pruebas de sistema. Los casos de prueba utilizados serán los documentados en la tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos.

Las pruebas de aceptación del módulo de identificación automática de tubos se realizarán un mes después de la instalación en paralelo del sistema en la planta dado que se requiere del funcionamiento del sistema durante este período de tiempo para su aprobación. Estas pruebas quedan fuera del alcance de esta tesis.

Cumplida las pruebas documentadas formalmente el autor de esta tesis generará un documento incluyendo

1. Título de la prueba
2. Fecha de realización
3. Participantes
4. Casos de prueba evaluados
5. Resultado de la prueba
6. Defectos encontrados
7. Acciones dispuestas
8. Comentarios

## **Tarea ASI 10.2: Definición de Requisitos del Entorno de Pruebas**

### **Informe de salida: Plan de Pruebas**

#### **Definición de Requisitos del Entorno de Pruebas**

No se considera necesario documentar requisitos especiales para el entorno de pruebas para el éxito de este proyecto.

## **Tarea ASI 10.3: Definición de las Pruebas de Aceptación del Sistema**

### **Informe de salida: Plan de Pruebas**

Se realizarán las pruebas documentadas en la tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos.

## **ACTIVIDAD ASI 11: Aprobación del Análisis del Sistema de Información**

En esta actividad se realiza la presentación del análisis del sistema de información al Comité de Dirección, para la aprobación final del mismo [Métrica versión 3] .

### **Tarea 11.1: Presentación y Aprobación del Análisis del Sistema de Información**

#### **Informe de salida: Aprobación del Análisis del Sistema de Información**

En una reunión entre el autor de esta tesis y sus directores se aprueba formalmente el análisis de sistemas de información documentado en esta tesis.

## **Diseño de Sistemas de Información**

El objetivo del proceso de Diseño del Sistema de Información (DSI) es la definición de la arquitectura del sistema y del entorno tecnológico que le va a dar soporte, junto con la especificación detallada de los componentes del sistema de información.

### **ACTIVIDAD DSI 1: Definición de la Arquitectura del Sistema**

En esta actividad se define la arquitectura general del sistema de información, especificando las distintas particiones físicas del mismo, la descomposición lógica en subsistemas de diseño y la ubicación de cada subsistema en cada partición, así como la especificación detallada de la infraestructura tecnológica necesaria para dar soporte al sistema de información [Métrica versión 3] .

#### **Tarea DSI 1.1: Definición de Niveles de Arquitectura**

##### **Documento de salida: Diseño de la Arquitectura del Sistema**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

##### **Partición Física del Sistema de Información**

La partición física de la solución propuesta se realizará en dos nodos no conectados entre sí dado que operan en contextos diferentes no vinculados.

1. Nodo de identificación automática de macas
2. Nodo de análisis y pruebas de procesamiento

El nodo 1 implementará la funcionalidad descrita en el Diagrama EVS 6 y el nodo 2 la que se muestran en Diagrama EVS 8.

#### **Tarea DSI 1.2: Identificación de Requisitos de Diseño y Construcción**

##### **Documento de salida: Catálogo de Requisitos**

Los requisitos que se desprenden de la arquitectura del sistema ya fueron documentados no siendo necesario extender el catálogo de requisitos.

#### **Tarea DSI 1.3: Especificación de Excepciones**

Se consideran en este apartado las excepciones derivadas de las condiciones de ejecución e interfaces externas a la solución propuesta, básicamente datos ingresados por el usuario, recursos del sistema operativo requerido, formato de las imágenes de entrada.

## **Documento de salida: Catálogo de Excepciones**

**Excepción:** Imagen Inválida:

*Descripción:* El formato de la imagen contenida en archivo o en memoria no respeta alguno de los formatos soportados por el sistema.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** Red Neuronal Inválida:

*Descripción:* El formato de la Red Neuronal contenida en un archivo no respeta el formato soportado por el sistema.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** Parámetros de procesamiento Inválidos:

*Descripción:* El rango de valores pasados como parámetros a una función de procesamiento se encuentra fuera del rango válido.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error indicando el rango válido y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** Insuficiente memoria disponible:

*Descripción:* La memoria disponible en el sistema operativo no es suficiente para brindar el servicio requerido.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** Insuficiente espacio en disco:

*Descripción:* El espacio en disco disponible no es suficiente para brindar el servicio requerido.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** No se encuentra un archivo:

*Descripción:* El archivo conteniendo una imagen o red neuronal no se encuentra disponible en el disco rígido del sistema.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

**Excepción:** No se puede entrenar la red neuronal:

*Descripción:* El objetivo de error máximo propuesto para el entrenamiento de la red neuronal no se alcanza dentro del límite máximo de iteraciones indicada por el usuario.

*Respuesta del sistema:* Se reporta el error y se aborta el procesamiento manteniendo el estado de entrenamiento alcanzado.

*Condiciones previas:* No existen

*Módulos afectados:* Todos.

## **Tarea DSI 1.4: Especificación de Estándares y Normas de Diseño y Construcción**

### **Documento de salida: Catálogo de Normas**

La actividad de diseño no arroja nuevas normas o estándares a considerar.

## **Tarea DSI 1.5: Identificación de Subsistemas de Diseño**

### **Documento de salida: Diseño de la Arquitectura del Sistema**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

## **Descripción de Subsistemas de Diseño**

El estudio de los requisitos en marco de la búsqueda de un modelo formal no modifica la partición realizada en el análisis de sistemas de información la cual se encuentra apropiada para este propósito.

## **Tarea DSI 1.6: Especificación del Entorno Tecnológico**

**Documento de salida: Entorno Tecnológico del Sistema**

### **Especificación del Entorno Tecnológico**

El estudio de los requisitos en marco de la búsqueda de un modelo formal no modifica lo documentado en la Tarea PSI 7.1: Identificación de las Necesidades de Infraestructura Tecnológica.

### **Restricciones Técnicas**

El estudio de los requisitos en marco de la búsqueda de un modelo formal no modifica lo documentado en la Tarea PSI 7.1: Identificación de las Necesidades de Infraestructura Tecnológica.

### **Estimación de Planificación de Capacidades**

No se considera relevante realizar esta tarea dado el muy bajo requerimiento de recursos de las soluciones involucradas.

## **Tarea DSI 1.7: Especificación de Requisitos de Operación y Seguridad**

La solución planteada no requiere una especificación de requisitos de operación y seguridad, por lo tanto no se describen los documentos de salida.

## **ACTIVIDAD DSI 2: Diseño de la arquitectura de soporte**

En esta actividad se lleva a cabo la especificación de la arquitectura de soporte, que comprende el diseño de los subsistemas de soporte identificados en la actividad de Definición de la Arquitectura del Sistema (DSI 1), y la determinación de los mecanismos genéricos de diseño. Estos últimos sirven de guía en la utilización de diferentes estilos de diseño, tanto en el ámbito global del sistema de información, como en el diseño de detalle [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza dado que no se requieren sistemas de soporte.

## **ACTIVIDAD DSI 3: Diseño de casos de uso reales**

Esta actividad, que se realiza solo en el caso de *Diseño Orientado a Objetos*, tiene como propósito especificar el comportamiento del sistema de información para un caso de uso, mediante objetos o subsistemas de diseño que interactúan, y determinar

las operaciones de las clases e interfaces de los distintos subsistemas de diseño [Métrica versión 3].

### **Tarea DSI 3.1: Identificación de Clases Asociadas a un Caso de Uso**

La realización de esta actividad no arroja modificaciones sobre los casos de uso planteados durante el análisis.

### **ACTIVIDAD DSI 4: Diseño de Clases**

El propósito de esta actividad, que se realiza sólo en el caso de *Diseño Orientado a Objetos*, es transformar el modelo de clases lógico, que proviene del análisis, en un modelo de clases de diseño. Dicho modelo recoge la especificación detallada de cada una de las clases, es decir, sus atributos, operaciones, métodos, y el diseño preciso de las relaciones establecidas entre ellas, bien sean de agregación, asociación o jerarquía. Para llevar a cabo todos estos puntos, se tienen en cuenta las decisiones tomadas sobre el entorno tecnológico y el entorno de desarrollo elegido para la implementación [Métrica versión 3].

La realización de esta actividad no arroja modificaciones sobre el modelo de clases planteados durante el análisis.

### **Tarea DSI 4.1: Identificación de Clases Adicionales**

#### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

### **Tarea DSI 4.2: Diseño de Asociaciones y Agregaciones**

#### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

### **Tarea DSI 4.3: Identificación de Atributos de las Clases**

#### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

#### **Tarea DSI 4.4: Identificación de Operaciones de las Clases**

##### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

#### **Tarea DSI 4.5: Diseño de la Jerarquía**

##### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

#### **Tarea DSI 4.6: Descripción de Métodos de las Operaciones**

##### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

Ver Modelo de Clases de Análisis en Actividades ASI 4 y 5

Ver Anexo C: Interfaz Módulo de detección automática para la definición de la interfaz COM

#### **Tarea DSI 4.7: Especificación de Necesidades de Migración y Carga Inicial de Datos**

La solución propuesta no tiene necesidades de migración ni carga inicial de datos.

#### **ACTIVIDAD DSI 5: Diseño de la arquitectura de módulos del sistema**

El objetivo de esta actividad, que sólo se realiza en el caso de *Diseño Estructurado*, es definir los módulos del sistema de información, y la manera en que van a interactuar unos con otros, intentando que cada módulo trate total o parcialmente un proceso específico y tenga una interfaz sencilla [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza dado que se realiza un diseño orientado a objetos.

#### **ACTIVIDAD DSI 6: Diseño Físico de Datos**

En esta actividad se define la estructura física de datos que utilizará el sistema, a partir del modelo lógico de datos normalizado o modelo de clases, de manera que teniendo presentes las características específicas del sistema de gestión de datos concreto a utilizar, los requisitos establecidos para el sistema de información, y las

particularidades del entorno tecnológico, se consiga una mayor eficiencia en el tratamiento de los datos [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza dado que el modelo de datos es extremadamente sencillo y no se cree necesario un tratamiento formal del modelo dado que no es necesario contemplar aspectos de eficiencia, seguridad, etc.

### **ACTIVIDAD DSI 7: Verificación y aceptación de la arquitectura del sistema**

El objetivo de esta actividad es garantizar la calidad de las especificaciones del diseño del sistema de información y la viabilidad del mismo, como paso previo a la generación de las especificaciones de construcción [Métrica versión 3].

#### **Tarea DSI 7.1: Verificación de las Especificaciones de Diseño**

Dado que el diseño del sistema refleja exactamente la estructura de clases derivada durante el análisis la misma se encuentra ya verificada y no es necesario realizar esta tarea nuevamente.

#### **Tarea DSI 7.2: Análisis de Consistencia de las Especificaciones de Diseño**

Se verifica que son válidas y consistentes las especificaciones realizadas.

#### **Tarea DSI 7.3: Aceptación de la Arquitectura del Sistema**

En una reunión realizada entre el Dr. Ramón García Martines, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se da la aceptación formal a la arquitectura del sistema propuesta.

### **ACTIVIDAD DSI 8: Generación de especificaciones de construcción**

En esta actividad se generan las especificaciones para la construcción del sistema de información, a partir del diseño detallado. Estas especificaciones definen la construcción del sistema de información a partir de las unidades básicas de construcción (componentes), entendiendo como tales unidades independientes y coherentes de construcción y ejecución, que se corresponden con un empaquetamiento físico de los elementos del diseño de detalle, como pueden ser módulos, clases o especificaciones de interfaz [Métrica versión 3].

## **Tarea DSI 8.1: Especificación del Entorno de Construcción**

### **Documento de salida: Especificaciones de Construcción del Sistema de Información**

#### **Especificación del Entorno de Construcción**

##### **Entorno tecnológico: hardware y software**

Como plataforma de desarrollo se requiere una Pc con procesador Intel Pentium IV 1.3Ghz con 256Mbytes de memoria RAM y 40Mbytes de espacio en el disco rígido. Las otras características del hardware no se consideran relevantes, siendo cualquier opción de las que actualmente ofrece el mercado igualmente satisfactoria. El sistema operativo será Windows XP.

##### **Herramientas de desarrollo**

La herramienta de desarrollo será Delphi 7 (que implementa Object Pascal como lenguaje de programación).

Para realizar copias de respaldo y facilitar la gestión de configuración se utilizará la herramienta de Microsoft Visual Source Safe.

Se utilizarán además los paquetes comerciales referenciados en la sección: Tarea EVS 6.2: Evaluación de las Alternativas y Selección.

## **Tarea DSI 8.2: Definición de Componentes y Subsistemas de Construcción**

Esta tarea no se realiza dado que la estructura de clases de que se dispone tiene el suficiente nivel de detalle para su implementación directa.

## **Tarea DSI 8.3: Elaboración de Especificaciones de Construcción**

Esta tarea no se realiza dado que la experiencia del equipo de desarrollo en aplicaciones de procesamiento de datos similares a la que se acomete en esta tesis hace que sea innecesaria.

## **Tarea DSI 8.4: Elaboración de Especificaciones del Modelo Físico de Datos**

### **Documento de salida: Especificaciones de Construcción del Sistema de Información**

#### **Documento de Salida: Modelo de Clases de Diseño**

Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]

## **Especificación de la Estructura Física de Datos**

Se define a continuación el formato de los archivos utilizados para guardar en forma persistente las redes neuronales y las secuencias de procesamiento.

### Redes neuronales

El formato para guardar en forma persistente las redes neuronales será el siguiente:

Los primeros cuatro bytes contendrán:

*Numero de capas* : Entero con signo (4bytes)

A continuación se repetirá la siguiente estructura por cada capa indicada en los primeros cuatro bytes.

Los primeros cuatro bytes contienen el número de neuronas

*Numero de neuronas* : Entero con signo (4bytes)

A continuación se repetirá la siguiente estructura por cada neurona indicada en los primeros cuatro bytes, referidos al número de neuronas.

*Numero de entradas* : Entero con signo (4bytes)

A continuación se incluirá un valor de punto flotante de 8 bytes por cada entrada indicada en los primeros cuatro bytes, referidos al número de entradas.

### Secuencia de Procesamiento

El formato para guardar en forma persistente las secuencias de procesamiento será el siguiente:

Los primeros cuatro bytes contendrán:

*Numero de funciones* : Entero con signo (4bytes)

A continuación se repetirá la siguiente estructura por cada capa función indicada en los primeros cuatro bytes.

*Identificador de función* : Entero con signo (4bytes)

A continuación se incluye una estructura de parámetros cuyo tamaño y formato depende del identificador leído.

Se especifica a continuación el formato según sea la función de procesamiento relacionada con el identificador contenido en los cuatro bytes antes indicados.

Caso identificador de función = 0

Histéresis: Entero 4 bytes sin signo

GaussSD: Punto flotante 8 bytes

DeltaSD: Punto flotante 8 bytes

TraceAuto: un byte

TracePorc: Entero 4 bytes con signo;

TraceL: Entero 4 bytes sin signo

TraceH: Entero 4 bytes sin signo

LargoFiltro: Entero 4 bytes con signo

AnchoFiltro: Entero 4 bytes con signo

MaxIter: Entero 4 bytes con signo

FormatoImagen: Entero 4 bytes sin signo

Metodo: Entero 4 bytes sin signo

Desv: Entero 4 bytes con signo

FactorEscala: Entero 4 bytes con signo

Caso identificador de función = 1

Coefficiente0: Entero 4 bytes con signo

Coefficiente1: Entero 4 bytes con signo

NumIter: Entero 4 bytes con signo

Metodo: Entero 4 bytes con signo

Caso identificador de función = 2

FrecuenciaNotch: Punto flotante 8 bytes

delta: Punto flotante 8 bytes

FrecuenciaMuestreo: Punto flotante 8 bytes

Caso identificador de función = 3

Área: Entero 4 bytes con signo

Caso identificador de función = 4

umbral: Entero 4 bytes sin signo

Caso identificador de función = 5

umbralMin: Entero 4 bytes sin signo

umbralMax: Entero 4 bytes sin signo

Caso identificador de función = 6

reserv: Entero 4 bytes sin signo

### **ACTIVIDAD DSI 9: Diseño de la migración y carga inicial de datos**

Esta actividad sólo se lleva a cabo cuando es necesaria una carga inicial de información, o una migración de datos de otros sistemas, cuyo alcance y estrategia a seguir se habrá establecido previamente cosa que no ocurre en el presente caso por lo que no se lleva adelante [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD DSI 10: Especificación Técnica del plan de Pruebas**

En esta actividad se realiza la especificación de detalle del plan de pruebas del sistema de información [Métrica versión 3].

No se realiza esta actividad, dado que en las condiciones en que se realiza este proyecto y dados los recursos con que se cuenta, se considera suficiente la especificación de la prueba realizada en las secciones

### **ACTIVIDAD DSI 11: Establecimiento de requisitos de Implantación**

En esta actividad se completa el catálogo de requisitos con aquéllos relacionados con la documentación que el usuario requiere para operar con el nuevo sistema, y los relativos a la propia implantación del sistema en el entorno de operación [Métrica versión 3].

#### **Tarea DSI 11.1: Especificación de Requisitos de Documentación de Usuario**

##### **Documento de Salida: Catálogo de Requisitos**

La documentación requerida ya fue especificada en Tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos. Dada la experiencia del grupo de trabajo en el desarrollo de la documentación requerida no se considera necesario documentar su formato.

#### **Tarea DSI 11.2: Especificación de Requisitos de Implantación**

##### **Documento de Salida: Catálogo de Requisitos**

Del diseño del sistema de información no se derivan nuevos requisitos de implantación.

### **ACTIVIDAD DSI 12: Aprobación del Diseño de Sistema de Información**

En esta actividad se realiza la presentación del diseño del sistema de información al Comité de Dirección para la aprobación final del mismo [Métrica versión 3].

**Tarea DSI 12.1: Presentación y Aprobación del Diseño del Sistema de Información**

En una reunión realizada entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se aprueba formalmente el diseño del sistema de información aquí descrito.

## **Construcción del Sistema de Información**

En este proceso se genera el código de los componentes del Sistema de Información, se desarrollan todos los procedimientos de operación y seguridad y se elaboran todos los manuales de usuario final y de explotación con el objetivo de asegurar el correcto funcionamiento del Sistema para su posterior implantación.

### **ACTIVIDAD CSI 1: Preparación del Entorno de Generación y Construcción**

El objetivo de esta actividad es asegurar la disponibilidad de todos los medios y facilidades para que se pueda llevar a cabo la construcción del sistema de información. Entre estos medios, cabe destacar la preparación de los puestos de trabajo, equipos físicos y lógicos, gestores de bases de datos, bibliotecas de programas, herramientas de generación de código, bases de datos o ficheros de prueba, entre otros [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 1.1: Implantación de la Base de Datos Física o Ficheros**

No se utiliza una base de datos en este proyecto por lo que esta tarea no es necesaria.

#### **Tarea CSI 1.2: Preparación del Entorno de Construcción**

Se ha revisado y / o instalado tanto el hardware como las herramientas necesarias para la construcción del sistema y se han generado las bibliotecas requeridas en el Visual Source Safe.

### **ACTIVIDAD CSI 2: Generación del código de los componentes y procedimientos.**

El objetivo de esta actividad es la codificación de los componentes del sistema de información, a partir de las especificaciones de construcción obtenidas en el proceso Diseño del Sistema de Información (DSI), así como la construcción de los procedimientos de operación y seguridad establecidos para el mismo [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 2.1: Generación del Código de Componentes**

Se ha escrito el código fuente siguiendo la planificación oportunamente efectuada.

#### **Tarea CSI 2.2: Generación del Código de los Procedimientos de Operación y Seguridad**

Esta tarea no se realiza dado que no se requieren procedimientos de operación y administración del sistema de información ni tampoco procedimientos de seguridad y control de acceso.

### **ACTIVIDAD CSI 3: Ejecución de las pruebas unitarias**

En esta actividad se realizan las pruebas unitarias de cada uno de los componentes del sistema de información, una vez codificados, con el objeto de comprobar que su estructura es correcta y que se ajustan a la funcionalidad establecida [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 3.1: Preparación del Entorno de las Pruebas Unitarias**

Se deja constancia de la revisión realizada en cuanto a que el entorno de pruebas unitarias se encuentra adecuadamente preparado.

#### **Tarea CSI 3.2: Realización y Evaluación de las Pruebas Unitarias**

Dado que se ha decidido no documentar formalmente la realización de las pruebas unitarias, se deja constancia de que se llevaron a cabo exitosamente siguiendo los procedimientos oportunamente especificados en una reunión entre el autor de esta tesis y sus directores.

### **ACTIVIDAD CSI 4: Ejecución de las Pruebas de Integración**

El objetivo de las pruebas de integración es verificar si los componentes o subsistemas interactúan correctamente a través de sus interfaces, tanto internas como externas, cubren la funcionalidad establecida, y se ajustan a los requisitos especificados en las verificaciones correspondientes [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 4.1: Preparación del Entorno de las Pruebas de Integración**

Se deja constancia de la revisión realizada en cuanto a que el entorno de pruebas de integración se encuentra adecuadamente preparado.

#### **Tarea CSI 4.2: Realización de las Pruebas de Integración**

Dado que se ha decidido no realizar una documentación formal de las pruebas de integración, se deja constancia de la reunión realizada entre el autor de esta tesis y sus directores en la que estos fueron notificados de la realización de las mismas siguiendo los procedimientos oportunamente especificados.

#### **Tarea CSI 4.3: Evaluación del Resultado de las Pruebas de Integración**

Dado que se ha decidido no realizar una documentación formal de las pruebas de integración, se deja constancia de la reunión realizada entre el autor de esta tesis y sus directores de la realización exitosa de las mismas.

### **ACTIVIDAD CSI 5: Ejecución de las Pruebas de Sistema**

El objetivo de las pruebas del sistema es comprobar la integración del sistema de

información globalmente, verificando el funcionamiento correcto de las interfaces entre los distintos subsistemas que lo componen y con el resto de sistemas de información con los que se comunica [Métrica versión 3].

**Tarea CSI 5.1: Preparación del Entorno de las Pruebas del Sistema**

Se deja constancia de la revisión realizada en cuanto a que el entorno de pruebas de sistema se encuentra adecuadamente preparado.

**Tarea CSI 5.2: Realización de las Pruebas del Sistema**

**Documento de Salida: Resultado de las Pruebas del Sistema**

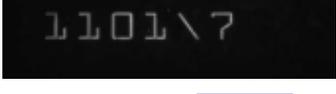
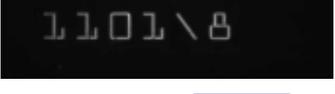
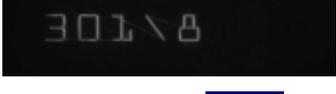
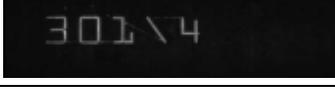
Se registra a continuación el resultado de la prueba de sistema realizada según se describe en el plan pertinente.

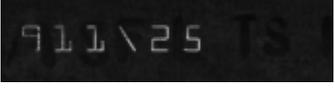
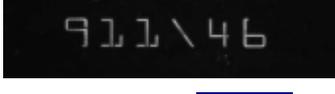
1. Se procesan las 20 fotografías preparadas durante la especificación del sistema con este objetivo (casos 1 a 20 del Anexo A: Casos de prueba). El sistema de identificación automática pasa la prueba si en todos los casos es capaz de obtener las identificaciones correctas de los tubos. Se presenta a continuación las imágenes correspondientes a estos casos con los respectivos resultados obtenidos.

 Caso 1 => <b>402\9</b>	 Caso 2 => <b>402\6</b>	 Caso 3 => <b>402\8</b>
 Caso 4 => <b>911\16</b>	 Caso 5 => <b>405\5</b>	 Caso 6 => <b>401\2</b>
 Caso 7 => <b>1101\3</b>	 Caso 8 => <b>911\49</b>	 Caso 9 => <b>1101\5</b>
 Caso 10 => <b>1101\6</b>	 Caso 11 => <b>1101\7</b>	 Caso 12 => <b>1101\8</b>
 Caso 13 => <b>301\6</b>	 Caso 14 => <b>301\8</b>	 Caso 15 => <b>301\1</b>

Caso 13 => <b>301\6</b> 	Caso 14 => <b>301\8</b> 	Caso 15 => <b>301\1</b> 
Caso 16 => <b>301\4</b> 	Caso 17 => <b>908\37</b> 	Caso 18 => <b>908\39</b>
Caso 19 => <b>908\41</b>	Caso 20 => <b>908\42</b>	

2. Se analizan 50 imágenes seleccionadas en forma aleatoria (casos 1 a 50 del Anexo A: Casos de prueba). El sistema de identificación automática pasa la prueba si clasifica correctamente el subconjunto de las imágenes a las cuales le asigna un 80% de confiabilidad o superior (la confiabilidad no resulta relevante dado que son clasificados correctamente todos los casos).

 Caso 1 => <b>402\9</b>	 Caso 2 => <b>402\6</b>	 Caso 3 => <b>402\8</b>
 Caso 4 => <b>911\16</b>	 Caso 5 => <b>405\5</b>	 Caso 6 => <b>401\2</b>
 Caso 7 => <b>1101\3</b>	 Caso 8 => <b>911\49</b>	 Caso 9 => <b>1101\5</b>
 Caso 10 => <b>1101\6</b>	 Caso 11 => <b>1101\7</b>	 Caso 12 => <b>1101\8</b>
 Caso 13 => <b>301\6</b>	 Caso 14 => <b>301\8</b>	 Caso 15 => <b>301\1</b>
		

Caso 16 => <b>301\4</b> 	Caso 17 => <b>908\37</b> 	Caso 18 => <b>908\39</b> 
Caso 19 => <b>908\41</b> 	Caso 20 => <b>908\42</b> 	Caso 21 => <b>911\13</b> 
Caso 22 => <b>1101\9</b> 	Caso 23 => <b>405\45</b> 	Caso 24 => <b>301\2</b> 
Caso 25 => <b>401\30</b> 	Caso 26 => <b>405\41</b> 	Caso 27 => <b>405\38</b> 
Caso 28 => <b>401\11</b> 	Caso 29 => <b>911\11</b> 	Caso 30 => <b>908\35</b> 
Caso 31 => <b>908\36</b> 	Caso 32 => <b>911\10</b> 	Caso 33 => <b>908\38</b> 
Caso 34 => <b>405\32</b> 	Caso 35 => <b>911\3</b> 	Caso 36 => <b>911\4</b> 
Caso 37 => <b>911\17</b> 	Caso 38 => <b>911\24</b> 	Caso 39 => <b>911\25</b> 
Caso 40 => <b>911\41</b> 	Caso 41 => <b>911\37</b> 	Caso 42 => <b>911\45</b> 
Caso 43 => <b>911\46</b>	Caso 44 => <b>1101\4</b>	Caso 45 => <b>911\52</b>

 <p>Caso 46 =&gt; <b>911\53</b></p>	 <p>Caso 47 =&gt; <b>911\56</b></p>	 <p>Caso 48 =&gt; <b>911\57</b></p>
 <p>Caso 49 =&gt; <b>911\7</b></p>	 <p>Caso 50 =&gt; <b>908\25</b></p>	

3. Se estudian 10 imágenes con un alto nivel de ruido (casos 51 a 60 del Anexo A: Casos de prueba). El sistema de identificación automática pasa la prueba si asigna a las identificaciones encontradas una confiabilidad menor que 50% o encuentra correctamente los identificadores contenidos en las mismas (la confiabilidad no resulta relevante dado que se clasifica correctamente todos los casos).

 <p>Caso 52 =&gt; <b>301\9</b></p>	 <p>Caso 53 =&gt; <b>402\4</b></p>	 <p>Caso 54 =&gt; <b>402\18</b></p>
 <p>Caso 55 =&gt; <b>401\24</b></p>	 <p>Caso 56 =&gt; <b>402\10</b></p>	 <p>Caso 57 =&gt; <b>402\15</b></p>
 <p>Caso 58 =&gt; <b>402\16</b></p>	 <p>Caso 59 =&gt; <b>402\17</b></p>	 <p>Caso 60 =&gt; <b>402\19</b></p>
 <p>Caso 51 =&gt; <b>405\52</b></p>		

4. Se determina el tiempo requerido para el procesamiento automático de 20 imágenes (casos 1 a 20 del Anexo A: Casos de prueba). El sistema de identificación automática pasa la prueba si en todos los casos el tiempo de ejecución es menor que 10 segundos.

---

<b>Caso</b>	<b>Tiempo de ejecución</b>
1	Menor que 1 segundo
2	Menor que 1 segundo
3	Menor que 1 segundo
4	Menor que 1 segundo
5	Menor que 1 segundo
6	Menor que 1 segundo
7	Menor que 1 segundo
8	Menor que 1 segundo
9	Menor que 1 segundo
10	Menor que 1 segundo
11	Menor que 1 segundo
12	Menor que 1 segundo
13	Menor que 1 segundo
14	Menor que 1 segundo
15	Menor que 1 segundo
16	Menor que 1 segundo
17	Menor que 1 segundo
18	Menor que 1 segundo
19	Menor que 1 segundo
20	Menor que 1 segundo

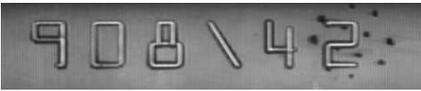
5. Se requiere la aceptación del sistema de análisis y pruebas por un experto en procesamiento de imágenes. Se realizan 5 pruebas sobre todas las funciones de procesamiento requeridas obteniéndose los siguientes resultados:

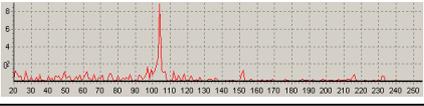
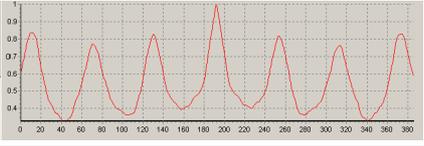
Ejecución de pruebas de procesamiento sobre los casos 1, 2, 3, 4 y 5.

<b>Función de Procesamiento</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Cálculo de histogramas de luminancia.	+	+	+	+	+
Filtrado tipo notch.	+	+	+	+	+
Cálculo de transformada de Fourier (se requiere cálculo sin visualización).	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Soebel.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Canny.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Marr Hildreth.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro Gaussiano	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro Laplaciano.	+	+	+	+	+
Aplicación de operadores morfológicos.	+	+	+	+	+
Cálculo de proyecciones verticales y horizontales.	+	+	+	+	+
Segmentación	+	+	+	+	+
Identificación.	+	+	+	+	+

Así mismo operando según su juicio profesional el experto realiza las siguientes pruebas que decide documentar en forma gráfica.

Pruebas realizadas sobre el caso 20 del Anexo A: Casos de prueba.

<b>Procesamiento aplicado</b>	<b>Imagen procesada</b>	<b>Resultado</b>
Filtro Notch		+
Filtro Notch Filtro Canny		+
Filtro Notch Filtro Marr – Hildreth		+

Proyección Horizontal		+
Espectro PH		+
Auto-correlación PH		+
Procesamiento Automático		+
Segmentación		+
Identificación		+

Se realizan las pruebas requeridas respecto del entrenamiento de una red neuronal utilizando los casos 1 a 6 incluidos en el Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal.

Se observa que el entrenamiento converge y que permite clasificar correctamente los casos 7 a 10 según se documenta a continuación.

Caso 7	Resultado	Caso 8	Resultado	Caso 9	Resultado	Caso 10	Resultado
	=> 0		=> 0		=> 0		=> 0
	=> 1		=> 1		=> 1		=> 1
	=> 2		=> 2		=> 2		=> 2
	=> 3		=> 3		=> 3		=> 3

	=> 4		=> 4		=> 4		=> 4
	=> 5		=> 5		=> 5		=> 5
	=> 6		=> 6		=> 6		=> 6
	=> 7		=> 7		=> 7		=> 7
	=> 8		=> 8		=> 8		=> 8
	=> 9		=> 9		=> 9		=> 9
	=> /		=> /		=> /		=> /

### Tarea CSI 5.3: Evaluación del Resultado de las Pruebas del Sistema

#### Documento de Salida: Evaluación del Resultado de las Pruebas del Sistema

El **sistema de análisis y pruebas** fue sometido a las pruebas definidas en el plan de pruebas. Los resultados obtenidos en las mismas se documentan a continuación según lo especificado en dicho plan.

#### Validación funcional del sistema de análisis y pruebas a cargo de un experto en procesamiento de imágenes.

Fecha de realización: 24/04/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

- Casos 1 a 5 y 20 (Anexo A: Casos de prueba)
- Casos 7 a 10 (Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: El sistema se comporta según lo esperado en todas las secuencias de procesamiento definidas para todos los casos de prueba estudiados y permite clasificar correctamente todos los casos presentados.

El **módulo de identificación automática de tubos** fue sometido a las pruebas requeridas en el plan de pruebas habiéndose obtenido los siguientes resultados que se documentan según lo especificado en dicho plan.

#### **Título de la prueba: Evaluación fotografías típicas**

Fecha de realización: 04/07/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

Casos de prueba evaluados: casos 1 a 20 (Anexo A: Casos de prueba)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: Todos los casos de prueba fueron identificados correctamente

#### **Análisis de 50 imágenes seleccionadas en forma aleatoria**

Fecha de realización: 04/07/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

Casos de prueba evaluados: casos 1 a 50 (Anexo A: Casos de prueba)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: Todos los casos de prueba fueron identificados correctamente

#### **Análisis de 10 imágenes con alto nivel de ruido**

Fecha de realización: 04/07/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

Casos de prueba evaluados: casos 51 a 60 (Anexo A: Casos de prueba)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: se cumplen los requisitos impuestos para la aceptación de la prueba

### **Tiempo de ejecución de 20 imágenes seleccionadas al azar**

Fecha de realización: 04/07/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

Casos de prueba evaluados: casos 1 a 20 (Anexo A: Casos de prueba)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: En todos los casos el tiempo total de procesamiento es menor que un segundo.

En vista de los resultados obtenidos se deja constancia de que el sistema desarrollado ha pasado las pruebas de sistema previstas.

### **ACTIVIDAD CSI 6: Elaboración de Manuales de Usuario**

El objetivo de esta tarea es elaborar la documentación de usuario, tanto usuario final como de explotación, de acuerdo a los requisitos establecidos en la tarea Especificación de Requisitos de Documentación de Usuario (DSI 11.1), y recogidos en el catálogo de requisitos [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 6.1: Elaboración de los Manuales de Usuario**

##### **Documento de Salida: Manual de Usuario**

Versión[Nombre= *Manual*; Fecha=27/04/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; I INT =No; LB=PBA]

Se describe a continuación el Sistema de Análisis y Pruebas. Este sistema ofrece facilidades para seleccionar imágenes con marcas de tubos y realizar sobre las mismas pruebas de procesamiento

La aplicación se divide en dos secciones " Procesamiento " y " Red Neuronal ", las que son accesibles desde la botonera que se encuentra en la margen izquierda de su ventana principal (Figura CSI 1).

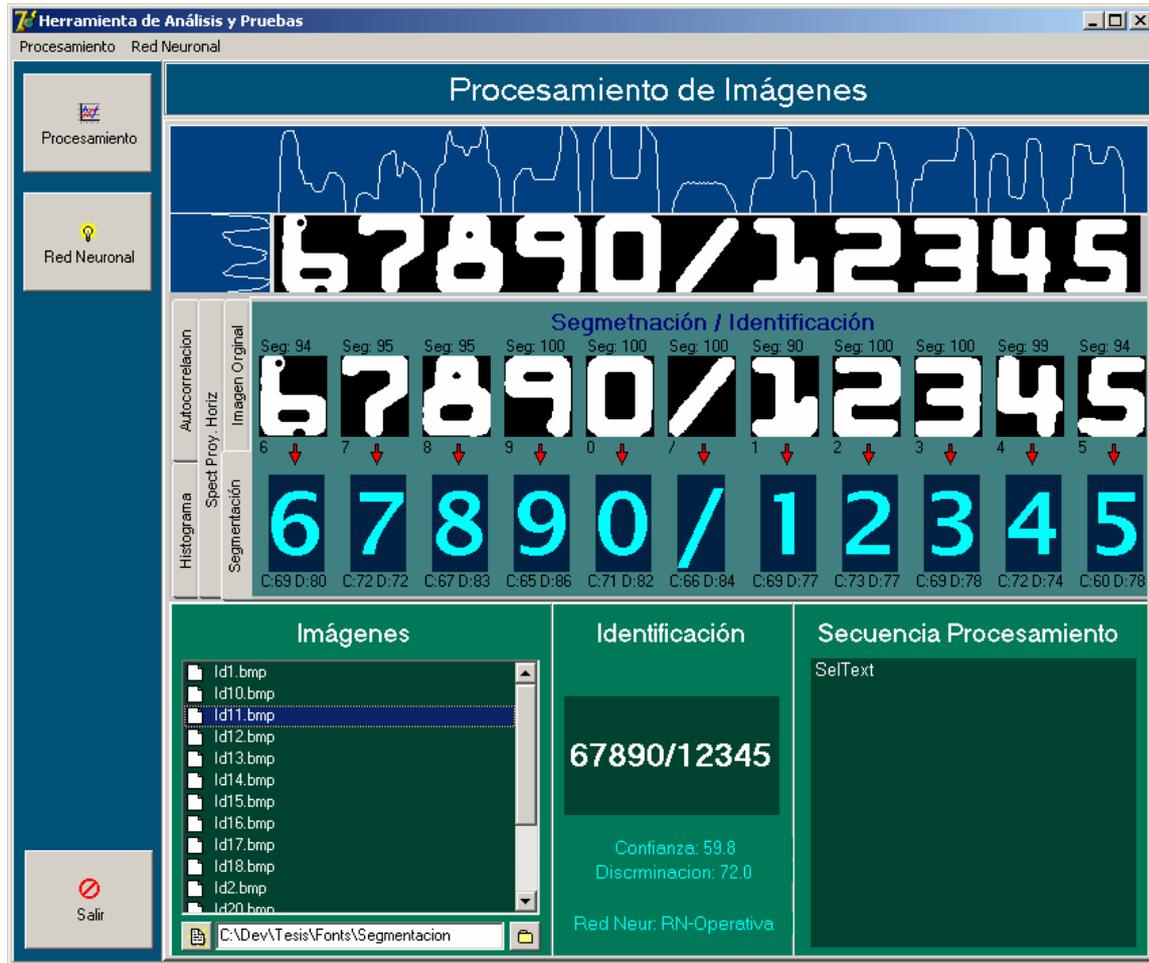


Figura CSI 1

Interfaz de usuario sección procesamiento de imágenes

La sección "Procesamiento" permite seleccionar una imagen y realizar sobre ella funciones de análisis y transformación.

Las funciones de transformación generan una nueva imagen a partir de la imagen original aplicando transformaciones matemáticas seleccionables.

Estas funciones se seleccionan mediante la opción "Secuencia de Procesamiento" que se muestra en el menú de la figura Figura CSI 2



Figura CSI 2

Menú procesamiento

Al seleccionar esta entrada en el menú se despliega la ventana que se muestra en la Figura CSI 5.

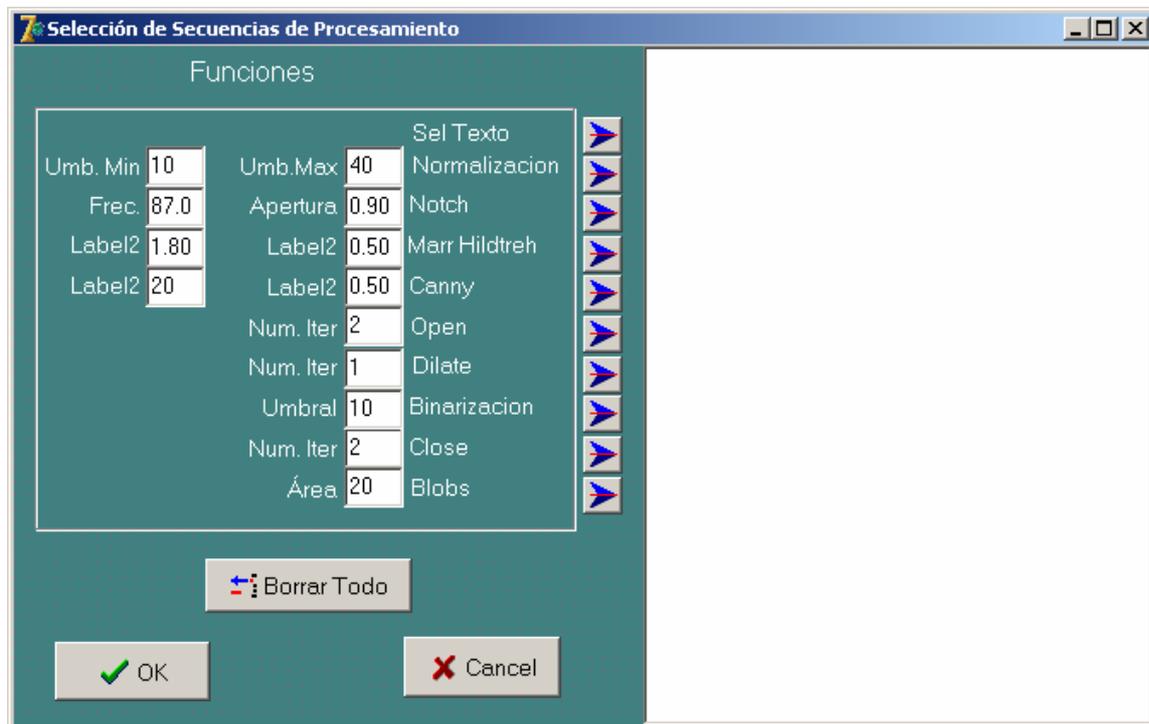
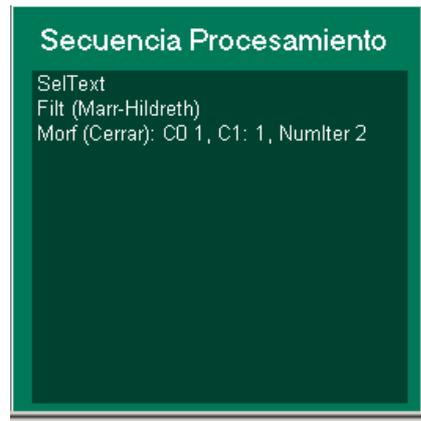


Figura CSI 3

Ventana selección secuencia de procesamiento

Esta ventana permite agregar y borrar las funciones de procesamiento incluidas en la secuencia activa así como también sus parámetros.

El resultado de esta selección es mostrado en la parte inferior izquierda de la ventana principal de la aplicación según se observa en la Figura CSI 4



**Figura CSI 4**

Sección pantalla mostrando secuencia de procesamiento activa

Al seleccionar una imagen en la sección inferior izquierda de la Figura CSI 1 el procesamiento así definido es aplicado automáticamente y el resultado del mismo se muestra en la imagen incluida en la parte superior de la Figura CSI 1 según se muestra en la Figura CSI 5



**Figura CSI 5**

Resultado del procesamiento con su proyección vertical y horizontal

En la parte superior e izquierda de la imagen el sistema grafica la proyección horizontal y vertical de la imagen en cuestión, se aprecia como fuera de los caracteres las mismas caen prácticamente a cero.

Debajo de la imagen resultado del procesamiento pueden observarse varias curvas producto del análisis de la misma. Estas muestran por ejemplo la imagen original como se observa en la Figura CSI 6.



Figura CSI 6

Imagen original sometida a procesamiento

También puede observarse el histograma, la autocorrelación y espectro de la proyección sobre el eje horizontal. El histograma por ejemplo, se muestra en la Figura CSI 7

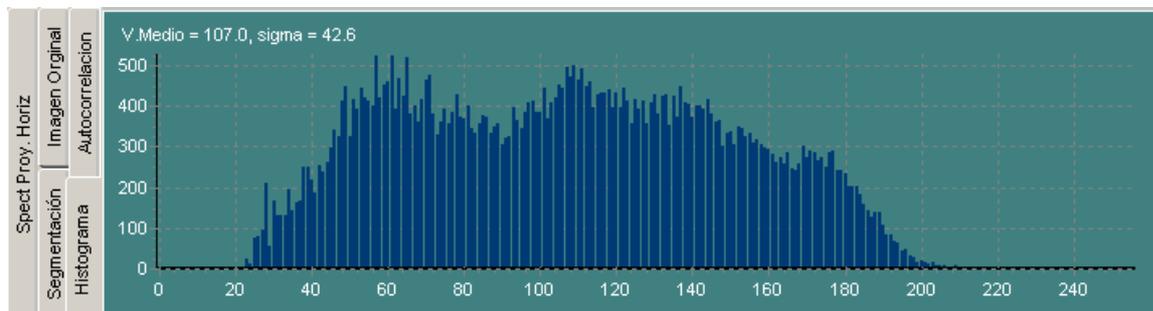
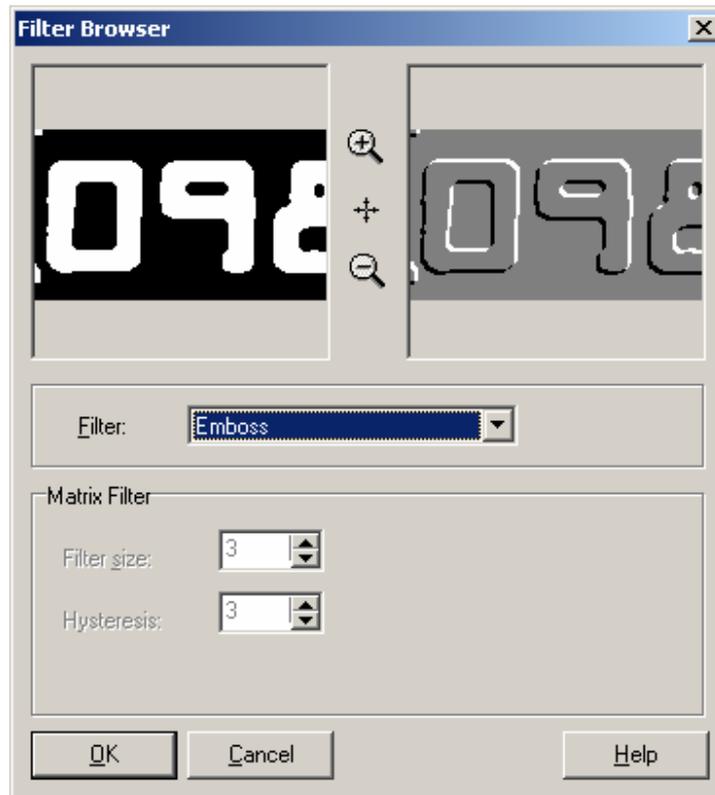


Figura CSI 7

Histograma de la imagen procesada

El menú que se muestra en la Figura CSI 2 permite acceder a las distintas opciones disponibles en esta sección de la aplicación.

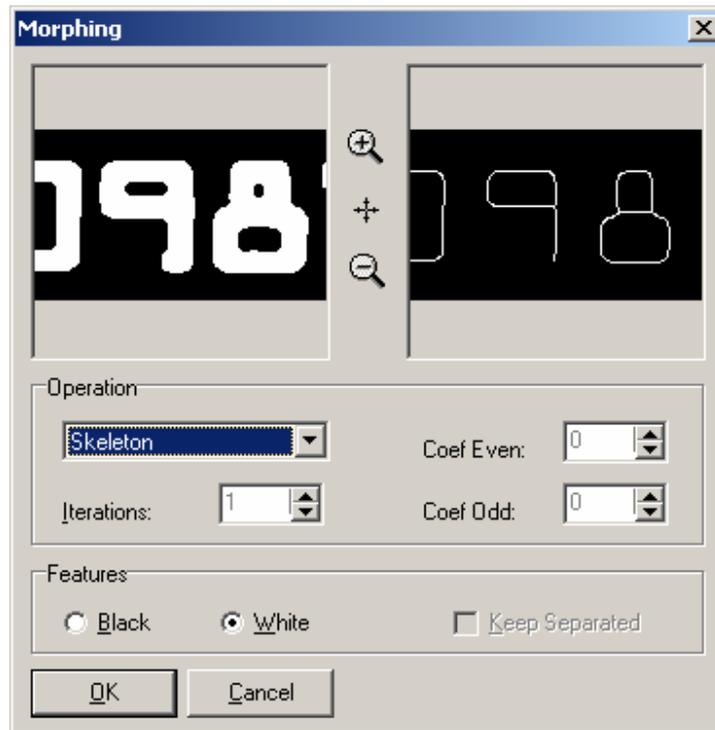
La opción " Filtros " permite observa el efecto de diversos filtros sobre la imagen seleccionada variando los parámetros utilizados según se muestra en la Figura CSI 8



**Figura CSI 8**

Ventana de selección de filtro

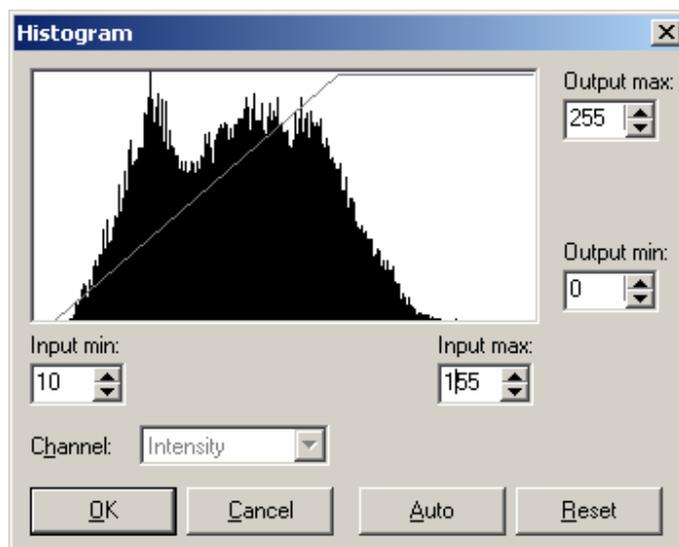
La opción " Operadores Morfológicos " en el menú de la figura Figura CSI 2 permite observa el efecto de diversos filtros sobre la imagen seleccionada variando los parámetros utilizados según se muestra en la Figura CSI 9.



**Figura CSI 9**

Ventana de selección de operadores morfológicos

La opción " Modificar Histograma " en el menú de la figura Figura CSI 2 permite observa el efecto cambios en el histograma sobre la imagen seleccionada según se muestra en la Figura CSI 10



**Figura CSI 10** Histograma de la imagen

La opción "Aplicar Secuencia" en el menú de la figura Figura CSI 2 fuerza la aplicación de la secuencia de procesamiento sobre la imagen seleccionada.

Las opciones "Segmentar" y "Clasificar" en el menú de la figura Figura CSI 2 habilitan y deshabilitan la segmentación y clasificación de caracteres después de aplicar la secuencia de procesamiento definida. El resultado se muestra en la parte central (Figura CSI 12) y central inferior (Figura CSI 12).

La Figura CSI 12 muestra en su parte superior el resultado del acondicionamiento y segmentación (ver las imágenes de los caracteres separados) así como también la estimación de la calidad de este procesamiento (encima de cada imagen precedido por la sigla Seg:).

Debajo de cada carácter segmentado se muestra la imagen de una flecha roja que apunta al resultado de la clasificación, incluyendo el carácter identificado (en celeste), la confianza de la clasificación (precedida de una letra C) y la discriminación obtenida en la clasificación (precedida de una letra D).

La Figura CSI 12 muestra como confianza y discriminación la menor obtenida para todos los caracteres reconocidos en la marca.

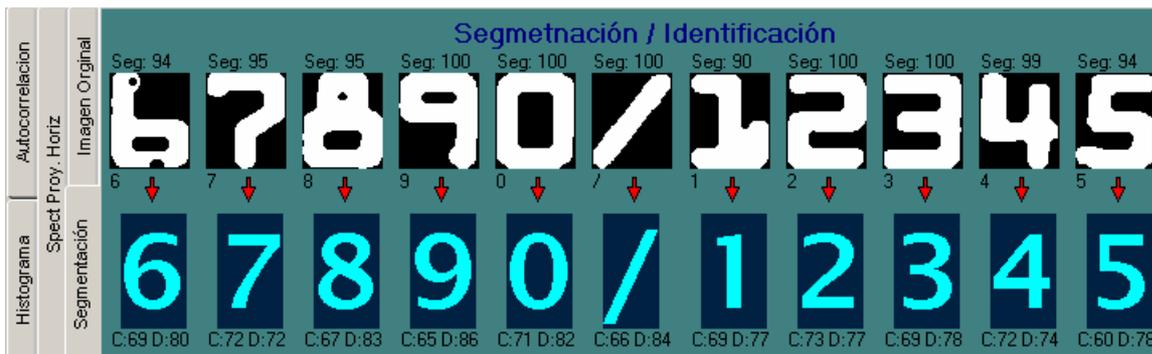


Figura CSI 11

Resultado de la segmentación e identificación de caracteres



**Figura CSI 12**

Resultado de la identificación automática de caracteres

Seleccionado la opción " Procesamiento Automático " en el menú de la figura Figura CSI 2 se invoca un módulo externo (el módulo de identificación automática, por ejemplo) para realizar el procesamiento de las imágenes seleccionadas. El resultado del acondicionamiento se muestra en la parte superior de la pantalla y el resultado de la identificación en la parte inferior de la misma forma que con la selección manual de la secuencia de procesamiento.

La otra sección de la aplicación " Red Neuronal " permite definir, entrenar y probar una red neuronal tipo Back Propagation. Su ventana principal se muestra en la figura Figura CSI 13. La parte superior izquierda de la misma se dispone de la lista de imágenes con caracteres que serán utilizados para entrenar y probar la red. Se dispone de controles que permiten seleccionar la carpeta que contiene las imágenes así como también el subconjunto de las mismas a utilizar (Figura CSI 14). En esta misma área puede observarse el resultado de la clasificación del archivo seleccionado utilizando la red neuronal disponible.

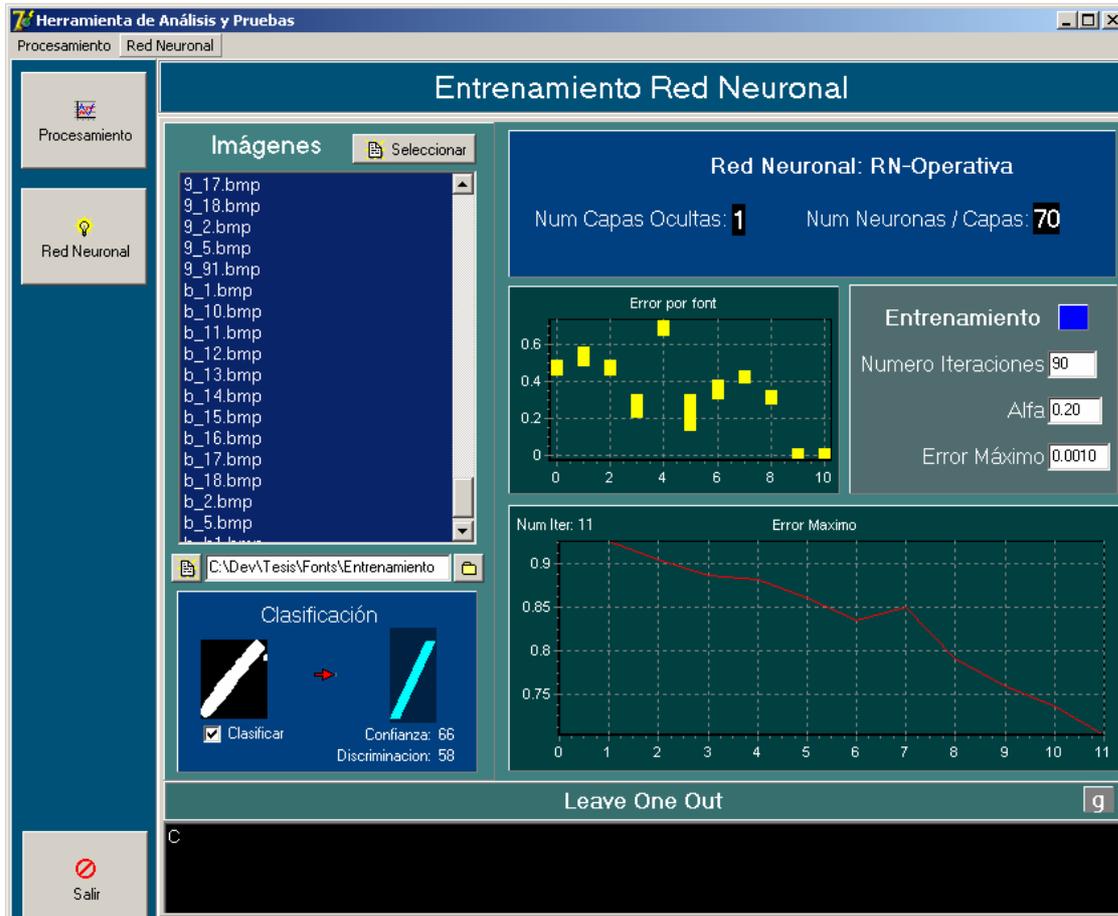


Figura CSI 13

Interfaz de usuario para entrenamiento de una red neuronal

El menú de la aplicación permite a su vez crear, leer de un archivo, guardar los pesos y estructura, entrenar y efectuar el control de calidad Leave One Out sobre una red neuronal según se observa en la Figura CSI 15.

La opción " Crear " del menú despliega la ventana que se muestra en la Figura CSI 16 en la cual se puede ingresar los parámetros necesarios.

La opción " Entrenar Red " comienza el entrenamiento utilizando los casos seleccionados, el estado de avance del mismo puede observarse en los gráficos con títulos " Error por Font " y " Error Máximo " que muestran según avanzan las iteraciones sobre los casos de entrenamiento el grado de convergencia del mismo.

El panel cuyo título es entrenamiento muestra un indicador que se encuentra en azul cuando el entrenamiento está inactivo y rojo cuando se está en proceso de entrenar una red neuronal. Debajo de este indicador se dispone de parámetros de control sobre el proceso de entrenamiento como por ejemplo el número máximo de iteraciones permitidas o el error máximo tolerable para finalizar.

La opción "Leave One Out" del menú que se muestra en la Figura CSI 15 permite realizar un control de calidad sobre el entrenamiento, realizando este sobre el total de los casos disponibles menos uno y clasificando este. El resultado de la iteración sobre todos los casos disponibles se muestra en la parte inferior de la ventana de esta sección de la aplicación.

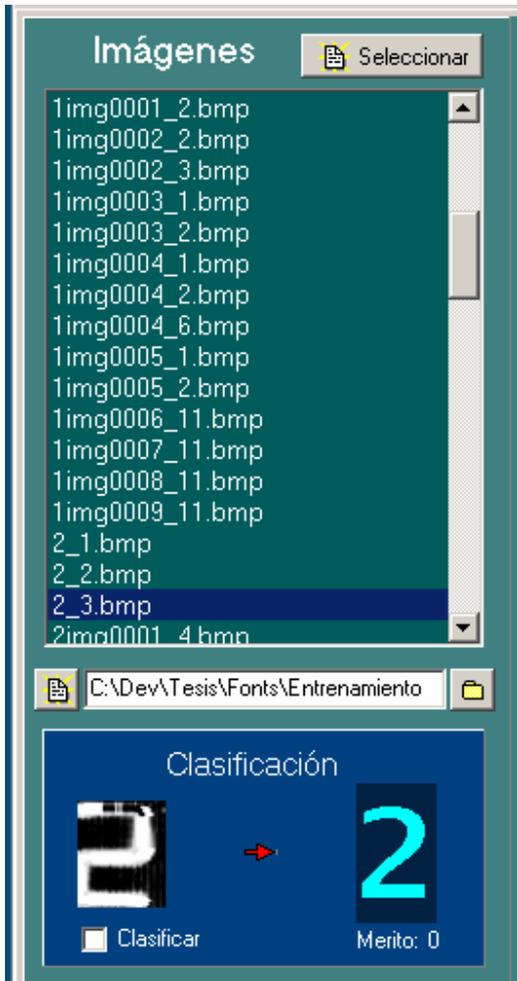


Figura CSI 14

Selección e identificación de caracteres

Red Neuronal	
Crear	Ctrl+C
Entrenar	Ctrl+E
Leer	Ctrl+L
Guardar	Ctrl+G
Terminar Entrenamiento	Ctrl+T
Reset Pesos Red	Ctrl+R
Leave One Out	Ctrl+L

Figura CSI 15

Menú con opciones disponibles para el manejo de redes neuronales

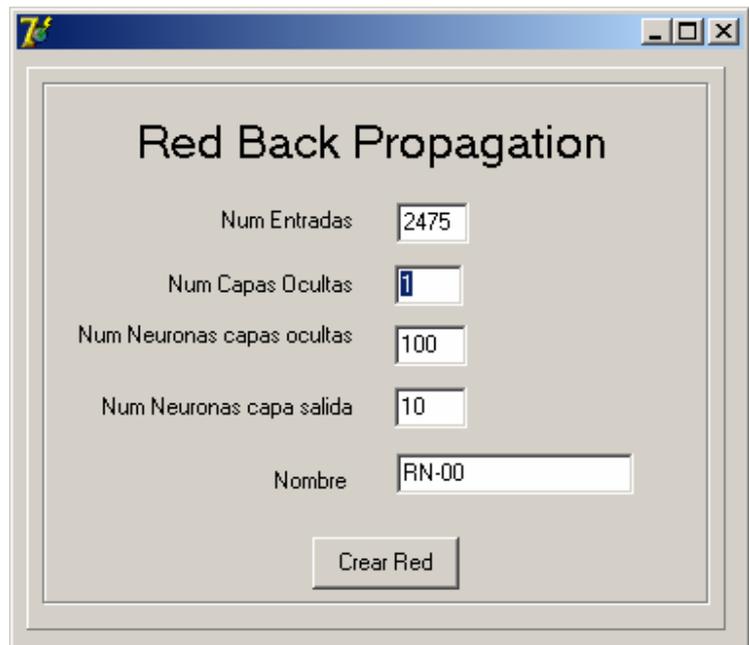


Figura CSI 16

Creación de una red neuronal

### ACTIVIDAD CSI 7: Definición de la Formación de los Usuarios Finales

En esta actividad se establecen las necesidades de formación del usuario final, con el objetivo de conseguir la explotación eficaz del nuevo sistema.

No se requiere formación de los usuarios del sistema dado que han participado activamente en la definición del mismo, se encuentran habituados al manejo de sistemas similares y conocen la terminología y técnicas involucradas [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD CSI 8: Construcción de los Componentes y Procedimientos de Migración y Carga Inicial de Datos**

El objetivo de esta actividad es la codificación y prueba de los componentes y procedimientos de migración y carga inicial de datos, a partir de las especificaciones recogidas en el plan de migración y carga inicial de datos obtenido en el proceso Diseño del Sistema de Información [Métrica versión 3].

Este proyecto no requiere migración ni carga inicial de datos por lo que esa tarea no es necesaria.

### **ACTIVIDAD CSI 9: Aprobación del Sistema de Información**

En esta actividad se recopilan los productos del sistema de información y se presentan al Comité de Seguimiento para su aprobación [Métrica versión 3].

#### **Tarea CSI 9.1: Presentación y Aprobación del Sistema de Información**

##### **Salida: Sistema de Información**

En una reunión entre el Dr. Ramón García Martínez, la Mr. Ing. Software Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend habiéndose revisado el cumplimiento de los objetivos del proyecto se aprueba el sistema de información generado.

##### **Implantación y Aceptación del Sistema**

Este proceso tiene como objetivo principal la entrega y aceptación del sistema en su totalidad y la realización de todas las actividades necesarias para el paso a producción del mismo.

### **ACTIVIDAD IAS 1: Establecimiento del plan de implantación**

En esta actividad se revisa la estrategia de implantación para el sistema, establecida inicialmente en el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS). Se identifican los distintos sistemas de información que forman parte del sistema objeto de la implantación [Métrica versión 3].

## **Tarea IAS 1.1: Definición del Plan de Implantación**

### **Documento de salida: Plan de implantación**

La solución planteada a los requerimientos educidos en el PSI y ARS documentado en esta tesis implica la implementación de dos sistemas diferentes:

- A. Sistema de Análisis y Pruebas
- B. Módulo de identificación automática de marcas en tubos de acero.

El primero provee facilidades de pruebas y análisis del resultado de diversas funciones de procesamiento de imágenes con el fin de determinar el procesamiento óptimo para la identificación automática de las marcas en los tubos. El segundo en cambio, provee la funcionalidad de aplicar a una imagen dada el procesamiento antes determinado para obtener la identificación que esta contiene.

La implantación del módulo de identificación automática no conlleva en sí mayor dificultad, dado que su instalación básicamente consiste en copiar el archivo binario en la PC de planta a utilizar. Sin embargo, se trata de un módulo que brinda servicios a clientes a través de un contrato preestablecido y la instalación de los clientes en sí involucra una problemática mucho más compleja que excede el objetivo de esta tesis. Por este motivo el plan implantación aquí considerado detalla los pasos y necesidades relacionadas con la aceptación e implantación del Sistema de Análisis y Pruebas, quedando para una etapa posterior al desarrollo de esta tesis la implantación y aceptación del módulo de detección automática de tubos de acero.

### **Implantación del Sistema de Análisis y Pruebas**

El Sistema de Análisis y Pruebas es una aplicación de escritorio que potencialmente puede ser utilizadas por múltiples usuarios. Por este motivo se desarrollará una aplicación de instalación que automatice este proceso. Esta aplicación realizará todas las operaciones necesarias permitiendo que un usuario sin experiencia pueda seleccionar fácilmente la carpeta destino donde los archivos serán copiados y generando las entradas estándar usadas por las aplicaciones en el menú de Windows.

Para realizar esta aplicación de instalación se utilizará la herramienta de distribución libre "Inno Setup" que permite generar el instalador requerido mediante un sencillo archivo de comandos.

Una vez generado este instalador se realizará una prueba formal del mismo en una Pc de destino seleccionada especialmente con este fin, verificándose después de realizar la instalación que la aplicación se encuentra operativa y accesible desde los accesos rápidos creados en el menú del sistema operativo. El experto en procesamiento de señales, quien es el usuario para el cual este sistema ha

sido desarrollado, será quien de su aprobación formal a la instalación realizada. Para lo cual realizará las pruebas de procesamiento planificadas.

### **Tarea IAS 1.2: Especificación del Equipo de Implantación**

#### **Documento de salida: Equipo de implantación**

La implantación del sistema estará a cargo del Lic. Pablo Behrend.

#### **ACTIVIDAD IAS 2: Formación necesaria para la implantación**

En esta actividad se prepara y se imparte la formación al equipo que participará en la implantación y aceptación del sistema. Se realiza también el seguimiento de la formación de los usuarios finales [Métrica versión 3].

Dado que en el marco de esta tesis, el usuario del sistema tiene a su vez a cargo la implantación del mismo así como el desarrollo de la solución en sí, no es necesario preparar ni realizar capacitación para la implantación.

#### **ACTIVIDAD IAS 3: Incorporación del sistema al entorno de operación.**

En esta actividad se realizan todas las tareas necesarias para la incorporación del sistema al entorno de operación en el que se van a llevar a cabo las pruebas de implantación y aceptación del sistema [Métrica versión 3].

### **Tarea IAS 3.1: Preparación de la Instalación**

#### **Documento de Salida: Incidencias de Preparación de Instalación**

Se deja constancia de la correcta preparación del instalador del sistema el cual fue probado exitosamente en dos máquinas diferentes como paso previo a la realización de la instalación con vistas a la prueba de aceptación

### **Tarea IAS 3.2: Realización de la Instalación**

Se deja constancia de la correcta instalación del sistema en la Pc seleccionada a tal efecto. Se verificaron exitosamente los requerimientos establecidos a tal efecto.

#### **ACTIVIDAD IAS 4: Carga de datos al entorno de operación**

Teniendo en cuenta que los sistemas de información que forman parte del sistema a implantar pueden mejorar, ampliar o sustituir a otros ya existentes en la organización, puede ser necesaria una carga inicial y/o una migración de datos cuyo alcance dependerá de las características y cobertura de cada sistema de información implicado. Por tanto, la necesidad de una migración de datos puede venir determinada desde el proceso Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS), en la actividad Selección de la Solución (EVS 6). Allí se habrá establecido la estrategia

a seguir en la sustitución, evaluando las opciones del enfoque de desarrollo e instalación más apropiados para llevarlo a cabo [Métrica versión 3].

Esta actividad no es necesaria en el contexto del sistema que se implanta dado que no se mejora, amplía o sustituye un sistema existente ni es necesaria una carga inicial de datos.

### **ACTIVIDAD IAS 5: Pruebas de implantación del sistema**

La finalidad de las pruebas de implantación es doble:

1. Comprobar el funcionamiento correcto del mismo en el entorno de operación.
2. Permitir que el usuario determine, desde el punto de vista de operación, la aceptación del sistema instalado en su entorno real, según el cumplimiento de los requisitos especificados.

Para ello, el responsable de implantación revisa el plan de pruebas de implantación y los criterios de aceptación del sistema, previamente elaborados. Las pruebas las realizan los técnicos de sistemas y de operación, que forman parte del grupo de usuarios técnicos que ha recibido la formación necesaria para llevarlas a cabo [Métrica versión 3].

#### **Tarea IAS 5.1: Preparación de las Pruebas de Implantación**

##### **Documento de Salida: Plan de prueba**

Se deja constancia de que se han verificado las condiciones previstas para el desarrollo de las prueba de implantación.

#### **Tarea IAS 5.2: Realización de las Pruebas de implantación**

##### **Documento de Salida: Resultado de las pruebas de implantación**

Se documenta a continuación el resultado de las pruebas de implantación realizadas. Con este fin se ejecutó el instalador del sistema verificándose que:

1. Copia correctamente en las carpetas seleccionadas durante el proceso de instalación los siguientes archivos:
  - ✘ El archivo ejecutable del sistema de análisis y pruebas del módulo de identificación automática.
  - ✘ El archivo conteniendo la definición de la red neuronal entrenada.
  - ✘ El manual de usuario.
  - ✘ Un conjunto de Imágenes de prueba.

- Un conjunto de imágenes de entrenamiento
- 2. Crea un acceso directo en el menú del sistema operativo que permite ejecutar la aplicación.
- 3. Crea un acceso directo en el menú del sistema operativo que permite desinstalar la aplicación.
- 4. Crea un acceso directo en el menú del sistema operativo que permite acceder al manual de usuario.
- 5. El uso del instalador provisto es sencillo y su interfaz fácilmente comprensible.
- 6. El manual de usuario es accesible desde el acceso directo creado.
- 7. Se inicia correctamente la ejecución de la aplicación desde el acceso directo creado.
- 8. El proceso de desinstalación se ejecuta correctamente desde el acceso directo creado.

Se realizan pruebas de procesamiento sobre la imagen identificada como caso 1 en el Anexo A: Casos de prueba obteniéndose los siguientes resultados<sup>4</sup>:

Procesamiento aplicado	Imagen procesada	Resultado
Filtro Notch		+
Filtro Marr – Hildreth		+
1 Filtro Marr – Hildreth 2 Cerramiento		+
Procesamiento Automático		+
Segmentación		+
Identificación		+

<sup>4</sup> Se indica + si el experto en procesamiento de imágenes da su aprobación - si no

### **Tarea IAS 5.3: Evaluación del Resultado de las Pruebas de Implantación**

#### **Documento de Salida: Evaluación del resultado de las pruebas de implantación**

Las pruebas realizadas permiten afirmar que el proceso de instalación desarrollado funciona adecuadamente y el sistema se encuentra correctamente implantado en su entorno de ejecución.

Fecha de realización: 03/05/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend

Casos de prueba evaluados: caso 1 (Anexo A: Casos de prueba)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: Todos los casos de prueba fueron identificados correctamente

### **ACTIVIDAD IAS 6: Pruebas de aceptación del sistema**

Las pruebas de aceptación tienen como fin validar que el sistema cumple los requisitos básicos de funcionamiento esperado y permitir que el usuario determine la aceptación del sistema. Por este motivo, estas pruebas son realizadas por el usuario final que, durante este periodo de tiempo, debe plantear todas las deficiencias o errores que encuentre antes de dar por aprobado el sistema definitivamente [Métrica versión 3].

#### **Tarea IAS 6.1: Preparación de las Pruebas de Aceptación**

##### **Documento de Salida: Plan de prueba**

Se deja constancia de que se han verificado las condiciones previstas para el desarrollo de las prueba de aceptación.

#### **Tarea IAS 6.2: Realización de las Pruebas de Aceptación**

##### **Documento de Salida: Resultado de las Pruebas de Aceptación**

El **sistema de análisis y pruebas** fue sometido a las pruebas requeridas en el plan de pruebas habiéndose obtenido los siguientes resultados que se documentan según lo especificado en dicho plan.

**Validación funcional del sistema de análisis y pruebas a cargo de un experto en procesamiento de imágenes.**

Fecha de realización: 03/05/06

Participantes: Lic. Pablo Behrend, M. Ing. Alejandra Ochoa

Casos de prueba evaluados:

- Casos 10 a 14 y 57 (Anexo A: Casos de prueba)
- Casos 7 a 10 (Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal)

Resultado de la prueba: Exitosa

Defectos encontrados: Ninguno

Acciones dispuestas: Ninguna

Comentarios: El sistema se comporta según lo esperado en todas las secuencias de procesamiento definidas para todos los casos de prueba estudiados.

**Pruebas de procesamiento realizadas**

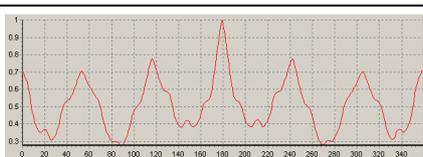
Se realizan pruebas sobre 5 casos para todas las funciones de procesamiento requeridas obteniéndose los siguientes resultados:

Repetición de pruebas de procesamiento sobre los casos de prueba 10, 11, 12, 13 y 14.

<b>Función de Procesamiento</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
Cálculo de histogramas de luminancia.	+	+	+	+	+
Filtrado tipo notch.	+	+	+	+	+
Cálculo de transformada de Fourier (se requiere cálculo sin visualización).	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Soebel.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Canny.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro de Marr Hildreth.	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro Gaussiano	+	+	+	+	+
Aplicación de filtro Laplaciano.	+	+	+	+	+

Aplicación de operadores morfológicos.	+	+	+	+	+
Cálculo de proyecciones verticales y horizontales.	+	+	+	+	+
Segmentación	+	+	+	+	+
Identificación.	+	+	+	+	+

Así mismo operando según su juicio profesional el experto realiza las siguientes pruebas sobre el caso 57 del Anexo A: Casos de prueba que decide documentar en forma gráfica.

Procesamiento aplicado	Imagen procesada	Resultado
Filtro Marr – Hildreth		+
Filtro Canny		+
Filtro Canny, Cerramiento		+
Normalización espect.		+
Proyección Horizontal		+
Auto-correlación PH		+
Procesamiento Automático		+
Segmentación		+
Identificación		+

**Pruebas de entrenamiento de una red neuronal realizadas.**

Se selecciona el conjunto de casos de entrenamiento 1 a 6 que se muestran en el Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal, verificándose que el entrenamiento converge y la red así obtenida clasifica los casos 7 a 10 del mismo anexo según se muestra a continuación.

Caso 7	Resultado	Caso 8	Resultado	Caso 9	Resultado	Caso 10	Resultado
	=> 0		=> 0		=> 0		=> 0
	=> 1		=> 1		=> 1		=> 1
	=> 2		=> 2		=> 2		=> 2
	=> 3		=> 3		=> 3		=> 3
	=> 4		=> 4		=> 4		=> 4
	=> 5		=> 5		=> 5		=> 5
	=> 6		=> 6		=> 6		=> 6
	=> 7		=> 7		=> 7		=> 7
	=> 8		=> 8		=> 8		=> 8
	=> 9		=> 9		=> 9		=> 9



La prueba de aceptación del **módulo de identificación automática de tubos** queda fuera del alcance de esta ya que requiere de un uso prolongado en planta según se documentó en el plan de pruebas (Tarea ASI 10.1: Definición del Alcance de las Pruebas).

### **Tarea IAS 6.3: Evaluación del Resultado de las Pruebas de Aceptación**

#### **Documento de Salida: Evaluación del resultado de las Pruebas de Aceptación**

Se deja constancia de las prueba de aceptación se han realizado exitosamente y se han realizado las auditorías programadas.

### **ACTIVIDAD IAS 7: Preparación del mantenimiento del sistema**

El objetivo de esta actividad es permitir que el equipo que va a asumir el mantenimiento del sistema esté familiarizado con él antes de que el sistema pase a producción. Para conseguir este objetivo, se ha considerado al responsable de mantenimiento como parte integrante del equipo de implantación. Por lo tanto, se habrá tenido en cuenta su perfil al elaborar el esquema de formación correspondiente [Métrica versión 3].

### **Tarea IAS 7.1: Establecimiento de la Infraestructura para el Mantenimiento**

#### **Documento de Salida: Plan de Mantenimiento**

La infraestructura disponible para el mantenimiento del sistema implantado será la misma utilizada para el desarrollo, por lo que no es necesario realizar formación ni transferencia de conocimientos o documentación adicional.

Se define que las peticiones de acciones de mantenimiento se realizarán mediante un documento conteniendo:

- Fecha de la petición
- Número de petición
- Responsable de la petición
- Tipo de acción de mantenimiento (agregado de funcionalidad, corrección de fallas)

- ☒ Descripción
- ☒ Fecha requerida de instalación de la solución

Frente a una petición de acción de mantenimiento se realizará un diagnóstico del problema si este existiere, una evaluación del costo asociado con la solución y se tomará una determinación sobre la acción a tomar. Se emitirá entonces un documento incluyendo:

- ☒ Número de petición asociada
- ☒ Responsable de la evaluación
- ☒ Aceptación (aceptación, denegación)
- ☒ Tipo de acción de mantenimiento requerida (agregado de funcionalidad, corrección de fallas)
- ☒ Diagnóstico
- ☒ Acciones requeridas
- ☒ Costo asociado
- ☒ Recursos necesarios
- ☒ Fecha Planificada de instalación de la solución

Una vez finalizada la acción de mantenimiento se generará un documento conteniendo

- ☒ Número de petición asociada
- ☒ Responsable de la aceptación
- ☒ Fecha

## **Tarea IAS 7.2: Formalización del Plan de Mantenimiento**

### **Documento de Salida: Plan de Mantenimiento**

En una reunión realizada entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se aprueba formalmente el plan de mantenimiento.

### **ACTIVIDAD IAS 8: Establecimiento del acuerdo del nivel de servicio**

Antes de la aprobación definitiva del sistema por parte del Comité de Dirección es conveniente:

- ☒ Determinar los servicios que requiere el mismo.

- Especificar los niveles de servicio con los que se va a valorar la calidad de ese prestación.
- Definir qué compromisos se adquieren con la entrega del sistema.

Esta actividad no es necesaria dadas las características y el contexto de la solución implantada [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD IAS 9: Presentación y aprobación del sistema**

Una vez que se han efectuado las pruebas de implantación y de aceptación y que se ha fijado el acuerdo de nivel de servicio, el Comité de Dirección debe formalizar la aprobación del sistema. Para esto, se lleva a cabo una presentación general del sistema al Comité de Dirección y se espera la confirmación de su aprobación [Métrica versión 3].

#### **Tarea IAS 9.1: Convocatoria de la Presentación del Sistema**

##### **Documento de Salida: Plan de Presentación del Sistema**

Se planifica una reunión entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend en dependencias del ITBA el día 05/07/06 con el objetivo de revisar si se cumplen los requisitos necesarios para la aprobación del sistema.

#### **Tarea IAS 9.2: Aprobación del Sistema**

##### **Documento de Salida: Aprobación del Sistema**

En una reunión realizada en dependencias del ITBA entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend el día 05/07/06 se aprueba formalmente el sistema de información.

### **ACTIVIDAD IAS 10: Paso a producción**

Esta actividad tiene como objetivo establecer el punto de inicio en que el sistema pasa a producción, se traspassa la responsabilidad al equipo de mantenimiento y se empiezan a dar los servicios establecidos en el acuerdo de nivel de servicio, una vez que el Comité de Dirección ha aprobado el sistema [Métrica versión 3].

El sistema de análisis y pruebas se encuentra instalado y operativo no siendo necesario realizar ninguna otra acción para su paso a producción, por lo que se da por cumplida esta actividad.

El paso a producción del módulo de identificación automática queda fuera del objetivo de esta tesis formando parte de un proyecto de mayor alcance.

### **Mantenimiento de Sistemas de Información**

El objetivo de este proceso es la obtención de una nueva versión de un sistema de información desarrollado con MÉTRICA Versión 3, a partir de las peticiones de mantenimiento que los usuarios realizan con motivo de un problema detectado en el sistema, o por la necesidad de una mejora del mismo [Métrica versión 3].

No se registraron peticiones de cambio durante el período del ciclo de vida comprendido por la presente tesis, por lo que no fue necesario realizar este proceso.

## 4.2.2 - Interfaces

Se documenta en este capítulo las interfaces del desarrollo realizado siguiendo la metodología Métrica en su versión 3 [Métrica versión 3]. Estas comprenden:

- Gestión del proyecto
- Gestión de configuración
- Gestión de calidad
- Seguridad

### Gestión del proyecto

#### ACTIVIDADES DE INICIO DEL PROYECTO

Las actividades al inicio de un proyecto tienen un doble objetivo: estimar el esfuerzo a realizar para desarrollar el sistema y planificar las actividades de dicho desarrollo. Para ello, tomando como punto de partida la Solución Propuesta en el Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS 6), se identifican los elementos a desarrollar, se calcula el esfuerzo a realizar, y se planifican las actividades del proyecto comprendiendo los aspectos de recursos, programación de tareas y establecimiento de un calendario de entregas y recepciones entre el cliente y los proveedores [Métrica versión 3].

#### ACTIVIDAD GPI 1: ESTIMACIÓN DE ESFUERZO

El objetivo de esta actividad es conocer el tamaño aproximado del sistema a desarrollar, y establecer el coste, la duración y los recursos necesarios para conseguir desarrollarlo [Métrica versión 3].

#### *Tarea GPI 1.1: Identificación de Elementos a Desarrollar*

#### Informe de salida: Definición General del Proyecto

#### **Catálogo de Clases**

Si bien esta tarea se encuentra entre las realizadas al comienzo del proyecto la organización de esta tesis incluye en primer término los procesos principales y a continuación de estas las interfaces. Por este motivo el catálogo de clases generado en esta tarea se encuentra ya documentado en la ACTIVIDAD ASI 4 y 5: Análisis de casos de uso y Análisis de clases de este documento para los requisitos especificados en la tarea Tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos, por lo que no se duplica su descripción en esta sección.

## **Tarea GPI 1.2: Cálculo del Esfuerzo**

### **Informe de salida: Definición General del Proyecto**

#### ***Esfuerzo estimado***

La estimación inicial del esfuerzo se realizará utilizando el método Staffing Size (ver Anexo D: Staffing Size), para lo cual se muestra a continuación la agrupación de clases divididas en clases clave y clases secundarias:

Clases clave:

- ▣ TNeurona
- ▣ TCapaNeuronas
- ▣ TRedBckProp
- ▣ TmarcaTubo
- ▣ TcaracterMarca
- ▣ TDsplImage

Clases secundarias:

- ▣ TFMainWin
- ▣ TFCrearRed
- ▣ TFEntrenamiento
- ▣ TFProcesamiento
- ▣ TFMostrarImagen
- ▣ TFilterBlobs
- ▣ TFSeleccionProc
- ▣ TSecuenciaProc
- ▣ TfuncProc
- ▣ TFitroProc
- ▣ TMorfProc
- ▣ TNotchProc
- ▣ TblobProc
- ▣ TbinProc
- ▣ TNormProc

▣ TselTextProc

Es de esperar que durante el diseño de detalle se generen algunas clases secundarias extra, no esperándose cambios sustanciales en las clases principales.

Se dispone de recursos con amplia experiencia en la realización de todas las tareas necesarias para este desarrollo y se cuenta además con la información del esfuerzo necesario recabada en la ejecución de proyectos similares por el mismo grupo de trabajo, la cual se utiliza en la estimación del esfuerzo necesario que se muestra a continuación.

<b>Actividad - Tarea</b>	<b>Días hombre</b>
<b>Herramienta de Análisis</b>	<b>79.5d</b>
<b>Análisis SI</b>	<b>18d</b>
▣ Definición del sistema	3d
▣ Establecimiento de requisitos	2d
▣ Identificación de subsistemas de análisis	1d
▣ Análisis de casos de uso y Análisis de clases	4d
▣ Definición de interfaces de usuario	4d
▣ Análisis de consistencia y especificación de requisitos	2d
▣ Especificación del plan de pruebas	2d
<b>Diseño SI</b>	<b>8d</b>
▣ Definición de la Arquitectura del Sistema	2d
▣ Diseño de casos de uso reales	1d
▣ Diseño de Clases	2d
▣ Verificación y aceptación de la arquitectura del sistema	1d
▣ Generación de especificaciones de construcción	2d
<b>Construcción SI</b>	<b>49d</b>
▣ Preparación del Entorno - capacitación	4d

<b>☒ Generación del código</b>	<b>33d</b>
☒ Clases base - Proc. de imágenes	10d
☒ Clases base - Redes Neuronales	10d
☒ Manejador Proc. Imágenes	2d
☒ Manejador Segmentación	2d
☒ Manejador Clasificación	1d
☒ GUI – Util. visualización Imágenes	4d
☒ GUI - Proc. Imágenes	2d
☒ GUI - Entrenamiento Imag.	2d
☒ Ejecución de las pruebas unitarias	5d
☒ Ejecución de las Pruebas de Integración	2d
☒ Ejecución de las Pruebas de Sistema	2d
☒ Elaboración de Manuales de Usuario	3d
<b>Implantación / Aceptación SI</b>	<b>4.5d</b>
☒ Establecimiento del plan de implantación	1d
☒ Incorporación del sistema al entorno de operación	0.5d
☒ Pruebas de aceptación del sistema	2d
☒ Preparación del mantenimiento del sistema	1d
<b>Algoritmo de procesamiento</b>	<b>40d</b>
☒ Investigación y desarrollo	30d
☒ Documentación	10d
<b>Módulo de identificación automática</b>	<b>4.5d</b>
☒ Análisis / Diseño	1d
☒ Construcción - Pruebas	2d
☒ Documentación	1d

☐ Prueba de aceptación	0.5d
<b>Documentación Tesis</b>	<b>20d</b>
<b>Total</b>	<b>163d</b>

## ACTIVIDAD GPI 2: PLANIFICACIÓN

El objetivo de esta actividad es definir y preparar las condiciones de trabajo, estableciendo recursos, fechas y costes, para lograr los objetivos que se persiguen con el proyecto [Métrica versión 3].

### **Tarea GPI 2.1: Selección de la Estrategia de Desarrollo**

#### **Informe de salida: Planificación General del Proyecto**

##### ***Estrategia de desarrollo***

La solución planteada tiene dos módulos bien diferenciados. Por una lado una herramienta gráfica que de soporte a la tarea de desarrollo del algoritmo de procesamiento a aplicar a las imágenes conteniendo las marcas y por el otro es necesario desarrollar un módulo que implemente dicho algoritmo una vez que este se encuentre definido. Las primitivas de este algoritmo se encontrarán entre las funciones previamente definidas para la herramienta de análisis, por lo que se prevé que la implementación del módulo de identificación automática será muy sencilla una vez desarrollada la herramienta de análisis.

##### ***Ciclo de Vida***

El ciclo de vida que se selecciona para el sistema será una variante del modelo en cascada con las siguientes fases.

- I. Especificación de requisitos.
- II. Diseño de arquitectura y detallado.
- III. Codificación y pruebas.
- IV. Instalación
- V. Mejoras y mantenimiento.

##### ***Organización***

Dado el carácter académico de este trabajo no se dispone de una estructura real de recursos humanos, quedando todos los roles ejecutivos a cargo del autor de esta tesis y los de revisión final a cargo de sus directores.

**Tarea GPI 2.2: Selección de la Estructura de Actividades, Tareas y Productos**

**Informe de salida: Planificación General del Proyecto**

**Estructura de actividades**

A continuación se incluyen las tareas incluidas en la planificación del proyecto.

**Desarrollo de sistemas de información**

<b>EVS: Estudio de viabilidad del sistema</b>
EVS1: Establecimiento del alcance del sistema
EVS3: Definición de requisitos del sistema
EVS4: Estudio de alternativas de solución
EVS5: Valoración de las alternativas
EVS6: Selección de la solución
<b>ASI: Análisis del sistema de información</b>
ASI1: Definición del sistema
ASI2: Establecimiento de requisitos
ASI3: Identificación de subsistemas de análisis
ASI4: Análisis de los casos de uso
ASI5: Análisis de clases
ASI8: Definición de interfaces de usuario
ASI9: Análisis de consistencia y especificación de requisitos
ASI10: Especificación del plan de pruebas
ASI11: Aprobación del análisis del sistema de información
<b>DSI: Diseño del sistema de información</b>
DSI1: Definición de la arquitectura del sistema
DSI2: Diseño de la arquitectura de soporte
DSI3: Diseño de casos de uso reales
DSI4: Diseño de clases
DSI7: Verificación y aceptación de la arquitectura del sistema

DSI8: Generación de especificaciones de construcción
DSI10: Especificación técnica del plan de pruebas
DSI11: Establecimiento de requisitos de implantación
DSI12: Aprobación del diseño del sistema de información
<b>CSI: Construcción del sistema de información</b>
CSI1: Preparación del entorno de generación y construcción
CSI2: Generación del código de los componentes y procedimientos
CSI3: Ejecución de las pruebas unitarias
CSI4: Ejecución de las pruebas de integración
CSI5: Ejecución de las pruebas del sistema
CSI6: Elaboración de los manuales de usuario
CSI9: Aprobación del sistema de información
<b>IAS: Implantación y aceptación del sistema</b>
IAS1: Establecimiento del plan de implantación
IAS2: Formación necesaria para la implantación
IAS3: Incorporación del sistema al entorno de operación
IAS4: Carga de datos al entorno de operación
IAS5: Pruebas de implantación del sistema
IAS6: Pruebas de aceptación del sistema
IAS7: Preparación del mantenimiento del sistema
IAS9: Presentación y aprobación del sistema
IAS10: Paso a producción

### **Gestión de proyectos**

<b>GPI: Actividades de inicio del proyecto</b>
GPI1: Estimación de esfuerzo
GPI2: Planificación

<b>GPS: Actividades de seguimiento y control</b>
GPS1: Asignación detallada de tareas
GPS2: Comunicación al equipo de proyecto
GPS3: Seguimiento de tareas
GPS4: Análisis y registro de incidencias
GPS5: Petición de cambio de requisitos
GPS6: Análisis de la petición de cambio de requisitos
GPS7: Aprobación de la solución
GPS8: Estimación del esfuerzo y planificación de la solución
GPS9: Registro del cambio de requisitos
GPS10: Finalización de la tarea
GPS11: Actualización de la planificación
GPS12: Reuniones de seguimiento
GPS13: Aceptación
<b>GPF: Actividades de finalización</b>
GPF1: Cierre del proyecto

### **Gestión de la configuración**

<b>EVS-GC: Estudio de viabilidad del sistema</b>
EVS-GC1: Definición de los requisitos de GC
EVS-GC2: Establecimiento del plan de GC
<b>ADC-GC: Análisis, diseño, construcción, implantación y aceptación del SI</b>
ADC-GC1: Identificación y registro de productos
ADC-GC2: Identificación y registro del producto global
<b>MSI-GC: Mantenimiento del sistema de información</b>
MSI-GC1: Registro del cambio en el sistema de GC

**Aseguramiento de la calidad**

<b>EVS-CAL: Estudio de viabilidad del sistema</b>
EVS-CAL1: Identificación de las propiedades de calidad para el sistema
EVS-CAL2: Establecimiento del plan de aseguramiento de la calidad
EVS-CAL3: Adecuación del plan de aseguramiento de la calidad
<b>ASI-CAL: Análisis del sistema de información</b>
ASI-CAL1: Especificación inicial del plan de aseguramiento de calidad
ASI-CAL2: Especificación detallada del plan de aseg. de calidad
ASI-CAL3: Revisión del análisis de consistencia
ASI-CAL4: Revisión del plan de pruebas
ASI-CAL5: Registro de aprobación del análisis del sistema de información
<b>DSI-CAL: Diseño del sistema de información</b>
DSI-CAL1: Revisión de la verificación de la arquitectura del sistema
DSI-CAL2: Revisión de la especificación técnica del plan de pruebas
DSI-CAL3: Revisión de los requisitos de implantación
DSI-CAL4: Registro de aprobación del diseño del sistema de información
<b>CSI-CAL: Construcción del sistema de información</b>
CSI-CAL1: Revisión del código de componentes y procedimientos
CSI-CAL2: Revisión de las pruebas unitarias, integración y sistema
CSI-CAL3: Revisión de los manuales de usuario
CSI-CAL4: Revisión de la formación a usuarios finales
CSI-CAL5: Registro de aprobación del sistema de información
<b>IAS-CAL: Implantación y aceptación del sistema</b>
IAS-CAL1: Revisión del plan de implantación del sistema
IAS-CAL2: Revisión de las pruebas de implantación del sistema
IAS-CAL3: Revisión de las pruebas de aceptación del sistema
IAS-CAL4: Revisión del plan de mantenimiento del sistema
IAS-CAL5: Registro de aprobación de la implantación del sistema

MSI-CAL: <b>Mantenimiento del sistema de información</b>
MSI-CAL1: Revisión del mantenimiento del sistema de información
MSI-CAL2: Revisión del plan de pruebas de regresión
MSI-CAL3: Revisión de la realización de las pruebas de regresión

### **Informe de salida: Catálogo de Productos a generar**

Los siguientes productos serán generados durante el desarrollo en cada una de las etapas indicadas.

#### ***Estudio de viabilidad del sistema***

- Descripción general del sistema
- Catálogo objetivos EVS
- Catálogo de requisitos
- Catálogo de usuarios
- Plan de trabajo
- Catálogo de normas
- Descomposición inicial del sistema en subsistemas
- Alternativas de solución a estudiar
- Estudio de la Inversión
- Valoración de alternativas
- Solución propuesta
- Aprobación de la solución

#### ***Análisis de sistemas de información***

- ▣ Glosario de términos
- ▣ Modelo de negocio / modelo de dominio
- ▣ Catálogo de Requisitos
- ▣ Descripción general del entorno tecnológico del sistema
- ▣ Catálogo de normas
- ▣ Catálogo de usuarios

- ☒ Plan de trabajo
- ☒ Modelo de casos de uso
- ☒ Especificación de casos de uso
- ☒ Descripción de subsistemas de análisis
- ☒ Descripción de interfaces entre subsistemas
- ☒ Modelo de clases de análisis
- ☒ Especificación de interfaz de usuario
- ☒ Especificación de requisitos software
- ☒ Plan de pruebas
- ☒ Aprobación del análisis del sistema de información

### ***Diseño de Sistemas de Información***

- ☒ Diseño de la arquitectura del sistema
- ☒ Catálogo de requisitos
- ☒ Catálogo de excepciones
- ☒ Catálogo de normas
- ☒ Entorno tecnológico del sistema
- ☒ Modelo de clases de diseño
- ☒ Especificaciones de construcción del sistema de información
- ☒ Catálogo de requisitos

### ***Construcción del Sistema de Información***

- ☒ Código fuente
- ☒ Resultado de las pruebas del sistema
- ☒ Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
- ☒ Manual de usuario

### ***Implantación y Aceptación del Sistema***

- ☒ Plan de implantación
- ☒ Equipo de implantación
- ☒ Incidencias de preparación de Instalación

- ✘ Plan de prueba Implantación
- ✘ Resultado de las pruebas de implantación
- ✘ Evaluación del resultado de las pruebas de implantación
- ✘ Plan de prueba aceptación
- ✘ Resultado de las pruebas de aceptación
- ✘ Evaluación del resultado de las pruebas de aceptación
- ✘ Plan de mantenimiento
- ✘ Plan de presentación del sistema
- ✘ Aprobación del sistema

### ***Gestión del proyecto***

- ✘ Definición general del proyecto
- ✘ Catálogo de productos a generar
- ✘ Aceptación de la planificación general del proyecto
- ✘ Ficha de seguimiento de tareas
- ✘ Ficha de Incidencia
- ✘ Archivo histórico de proyectos
- ✘ Archivo de la documentación de gestión del proyecto

### ***Gestión de configuración***

- ✘ Requisitos de gestión de configuración
- ✘ Plan de gestión de la configuración para el sistema de información
- ✘ Registro del producto global

### ***Gestión calidad***

- ✘ Equipo de aseguramiento de calidad
- ✘ Sistemas de Información objeto de aseguramiento de calidad
- ✘ Plan de aseguramiento de la calidad
- ✘ Valoración de alternativas
- ✘ Dossier de aseguramiento de la calidad

**Tarea GPI 2.3: Establecimiento del Calendario de Hitos y Entregas****Informe de salida: Planificación General del Proyecto****Hitos del proyecto**

Se definen a los efectos del control de la evolución del proyecto los siguientes hitos coincidentes con los procesos definidos por Métrica 3.

**Herramienta de análisis y Pruebas**

Hito	Fecha
1. Estudio de viabilidad del sistema	12/01/06
2. Análisis del sistema de información	04/05/06
3. Diseño del sistema de información	17/02/06
4. Construcción del sistema de información	27/04/06
5. Implantación y aceptación del sistema	04/05/06

**Módulo de detección automática de tubos de acero**

Se prevé que el desarrollo de este módulo sea trivial una vez implementada la herramienta de análisis y pruebas habiéndose realizado la mayor parte del trabajo de análisis, diseño y construcción durante su desarrollo.

Hito	Fecha
1. Estudio de viabilidad del sistema	12/01/06
2. Revisión del análisis del sistema de información	30/06/06
3. Revisión del diseño del sistema de información	30/06/06
4. Construcción del sistema de información	04/07/06
5. Implantación y aceptación del sistema	05/07/06

### **Productos a entregar**

Los productos que deberán estar disponibles en las fechas previstas por la planificación mostrada en el Diagrama GPI 1 para darse por alcanzado cada hito son:

1. Estudio de viabilidad del sistema
  - ☒ Catálogo de requisitos
  - ☒ Modelo de Sistemas de Información
  - ☒ Arquitectura Tecnológica
  - ☒ Plan de proyectos
  - ☒ Estudio de la inversión
  - ☒ Solución Propuesta
  - ☒ Plan de acción
  - ☒ Aprobación de la Solución
2. Análisis del sistema de información
  - ☒ Descripción General del Sistema
  - ☒ Especificación de requisitos de software
  - ☒ Descripción de Subsistemas de Análisis
  - ☒ Modelo de Casos de Uso
  - ☒ Especificación de Casos de Uso
  - ☒ Modelo de Clases de Análisis
  - ☒ Modelo de Descomposición en Subsistemas
  - ☒ Modelo de Negocio / Modelo de Dominio
  - ☒ Solución Propuesta
  - ☒ Plan de Pruebas
  - ☒ Aprobación del Análisis del Sistema de Información
3. Diseño del sistema de información
  - ☒ Diseño de la Arquitectura del Sistema
  - ☒ Entorno Tecnológico del Sistema
  - ☒ Catálogo de Excepciones

- ☒ Catálogo de Requisitos
  - ☒ Especificaciones de Construcción del Sistema de Información
  - ☒ Modelo de Clases de Diseño
  - ☒ Aprobación del Diseño de Sistema de Información
4. Construcción del sistema de información
- ☒ Sistema de Información - Herramienta de análisis y pruebas (fuentes y binarios)
  - ☒ Sistema de Información - Módulo de identificación automática de tubos (fuentes y binarios)
  - ☒ Manual de Usuario.
  - ☒ Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
5. Implantación y aceptación del sistema
- ☒ Plan de implantación
  - ☒ Resultado de las pruebas de implantación
  - ☒ Resultado de las Pruebas de Aceptación
  - ☒ Plan de Mantenimiento
  - ☒ Instalador de la herramienta de análisis y pruebas
  - ☒ Aprobación del Sistema

#### ***Tarea GPI 2.4: Planificación Detallada de Actividades y Recursos Necesarios***

##### **Informe de salida: Planificación General del Proyecto**

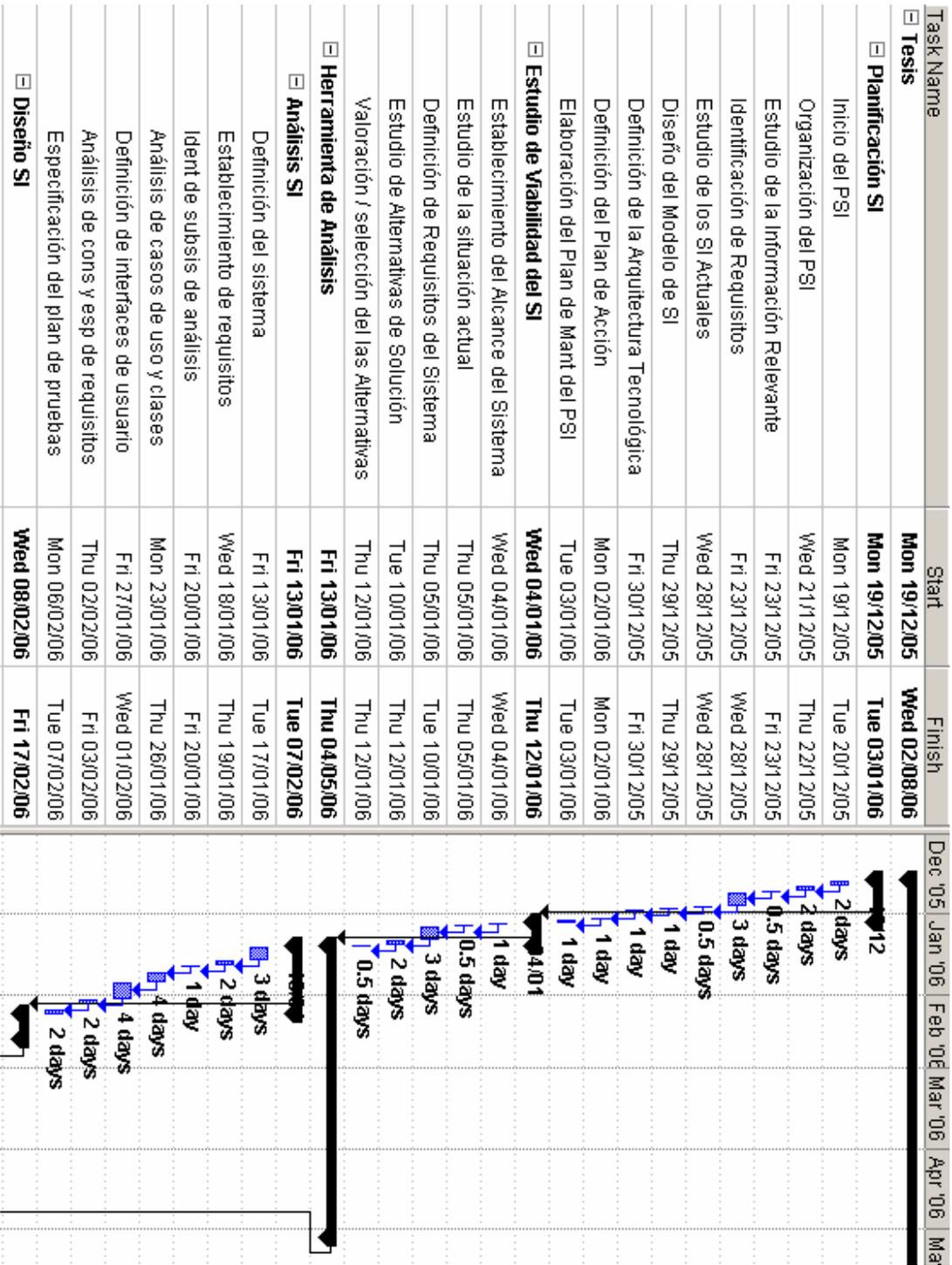
###### ***Organización de los recursos***

Los recursos humanos disponibles para este proyecto lo constituyen autor de esta tesis y los directores de la misma cuyas respectivas responsabilidades fueron especificadas anteriormente.

Los recursos materiales necesarios son provistos así mismo por el autor de esta tesis no requiriéndose otras gestiones al respecto.

###### ***Planificación detallada del proyecto***

El siguiente diagrama muestra la planificación realizada.



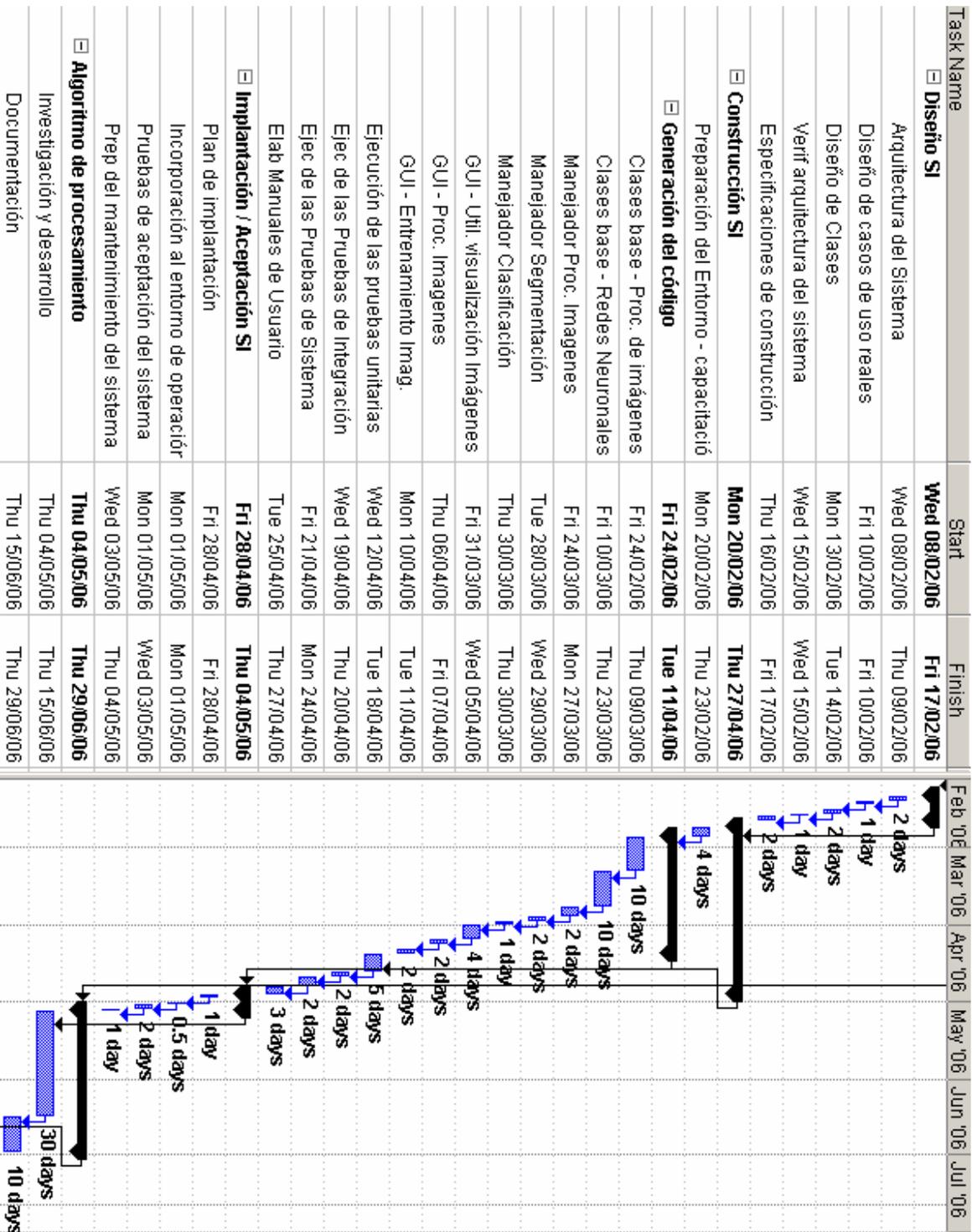




Diagrama GPI 1

Planificación del proyecto

### **Tarea GPI 2.5: Presentación y Aceptación de la Planificación General del Proyecto**

#### **Informe de salida: Aceptación de la planificación general del proyecto**

Se deja constancia de la aceptación formal de la planificación del proyecto en una reunión realizada por el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend en dependencias del ITBA el día 15 de diciembre del 2006.

#### **ACTIVIDADES DE SEGUIMIENTO Y CONTROL**

El seguimiento y control del proyecto tiene como objetivo fundamental la vigilancia de todas las actividades de desarrollo del sistema. Es una de las labores más importantes en todo desarrollo de sistemas, ya que un adecuado control hace posible evitar desviaciones en costes y plazos, o al menos detectarlas cuanto antes [Métrica versión 3].

#### **ACTIVIDAD GPS 1: ASIGNACIÓN DETALLADA DE TAREAS**

El objetivo de esta actividad es la asignación de tareas a los miembros del equipo de proyecto, documentando los datos necesarios para su control posterior [Métrica versión 3].

No resulta necesario realizar esta actividad ya que todas las tareas en este proyecto serán llevadas adelante por la misma persona, debiéndose ajustar las fechas de finalización de cada etapa y entrega de documentación indicada a la planificación previamente realizada.

#### **ACTIVIDAD GPS 2: COMUNICACIÓN AL EQUIPO DEL PROYECTO**

Esta actividad no es necesaria por ser el jefe del proyecto el único participante del equipo de trabajo.

#### **ACTIVIDAD GPS 3: SEGUIMIENTO DE TAREAS**

Esta actividad tiene como objetivo el control de todas las tareas que están siendo desarrolladas, revisando con cada uno de los responsables de las tareas cuál es su estado en el momento del seguimiento, su evolución previsible y los problemas que están encontrando para su desarrollo [Métrica versión 3].

#### **Tarea GPS 3.1: Seguimiento de Tareas**

##### **Informe de salida: Ficha de seguimiento de tareas**

Se decide documentar únicamente los problemas y anomalías registrados durante el seguimiento de las tareas no generándose constancia formal de este control mientras el resultado del mismo indique que su evolución sigue la planificación realizada.

Se deja constancia de la realización semanal de una evaluación del grado de avance del proyecto sin que se detectaran desviaciones en más de la planificación realizada.

## **GESTIÓN DE INCIDENCIAS**

Dentro de las actividades de Seguimiento y Control se trata de manera especial la Gestión de Incidencias, definiéndose a estas como aquellos hechos inesperados y anómalos que se presentan durante la realización de las actividades y tareas del proyecto, y que producen desviaciones en la planificación [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD GPS 4: ANÁLISIS Y REGISTRO DE LA INCIDENCIA**

Con esta actividad se persigue conocer el impacto producido por una incidencia en cuanto a [Métrica versión 3].:

- ☒ Tareas afectadas por la incidencia.
- ☒ Horas de trabajo perdidas.
- ☒ Retrasos ocasionados.

#### ***Tarea GPS 4.1: Analizar Impacto***

Las incidencia registradas no han tenido impacto sobre la planificación realizada.

#### ***Tarea GPS 4.2: Propuesta de Solución de la Incidencia***

**Informe de salida: Ficha de Incidencia**

#### **Solución Propuesta**

Las incidencias registradas no han requerido en cuanto a su solución más documentación que la incluida en las respectivas fichas de incidencia.

#### ***Tarea GPS 4.3: Registrar la Incidencia***

**Informe de salida: Ficha de Incidencia**

**Registro de incidencia**

***Identificación:*** RIT\_1

***Fecha:*** 02/01/06

***Referencia:*** Virus Pc desarrollo

**Descripción:** Se detecta la presencia de un virus en la Pc de desarrollo estando el catálogo del antivirus desactualizado.

**Acciones:**

- ☒ Se actualiza el antivirus
- ☒ Se hace un chequeo completo del estado del sistema.
- ☒ Se reemplaza los archivos dañados con copias de respaldo.
- ☒ Se configura el antivirus para que actualice su catálogo en forma automática.
- ☒ Se configura el antivirus para verifique el estado del sistema en forma automática.

**Costo asociado:** 5 horas hombre. Las copias de respaldo de los archivos dañados se encuentran correctamente actualizadas.

**Demora estimada:** no se demora el proyecto, se trabaja por fuera del horario regular planificado.

**Responsables:** Pablo Behrend.

## Registro de incidencia

**Identificación:** RIT\_2

**Fecha:** 24/03/06

**Referencia:** Enfermedad del programador

**Descripción:** No se avanza en la codificación entre el 27/03/06 y el 28/03/06 por enfermedad del programador

**Acciones:**

- ☒ Se revisa la planificación del proyecto.
- ☒ No se encuentra necesario tomar medidas correctivas dado que el agrado de avance del proyecto se encuentra por encima de lo planificado.

**Costo asociado:** 16 horas hombre.

**Demora estimada:** No se demora el proyecto

**Responsables:** Pablo Behrend.

## **Registro de incidencia**

**Identificación:** RIT\_3

**Fecha:** 21/04/06

**Referencia:** Demora provisión de imágenes de prueba.

**Descripción:** No se reciben las imágenes de marcas en tubos solicitadas en la fecha pactada (21/04/06).

**Acciones:**

- ▣ Se realiza un segundo pedido formal.
- ▣ Se pacta una nueva fecha de entrega (28/04/06).

**Costo asociado:** No se generan costos adicionales.

**Demora estimada:** No se demora el proyecto, la fecha límite en que las imágenes son requeridas es el 04/05/06.

**Responsables:** Fernando Conti.

## **GESTIÓN DE CAMBIOS EN LOS REQUISITOS**

Las actividades de cambios en los requisitos no se realizan ya que no se ha registrado la necesidad de modificar los educidos y analizados originalmente.

## **ACTIVIDADES DE FINALIZACIÓN**

### **ACTIVIDAD GPF 1: CIERRE DEL PROYECTO**

Se resumen en esta actividad los datos del proyecto, en cuanto a funcionalidad, tecnología, equipo técnico, formación recibida, experiencias, logros, problemas encontrados y, en general, cualquier dato considerado de interés [Métrica versión 3].

### **Tarea GPF 1.1: Inclusión en Histórico de Proyectos**

#### **Informe de salida: Archivo Histórico de Proyectos**

Se deja constancia de la realización con fecha 15 de julio del 2006 de una copia en CD de todos los productos generados durante este proyecto, incluyendo los documentos y manuales, código fuente y archivos ejecutables, bibliotecas y copias de respaldo realizadas el cual se encuentra archivado en dependencias del ITBA.

## **Tarea GPF 1.2: Archivo de la Documentación de Gestión del Proyecto**

### **Informe de salida: Archivo de la documentación de gestión del proyecto**

Se deja constancia fecha 15 de julio del 2006 de que se ha ordenado y archivado toda la documentación generada durante el proyecto, quedando operativa la versión 1.0.0.0 del sistema de análisis y habiendo pasado las pruebas de sistema como estaba previsto el módulo de detección automática de tubos de acero.

## **Gestión de configuración**

El objetivo de la gestión de la configuración es mantener la integridad de los productos que se obtienen a lo largo del desarrollo de los sistemas de información, garantizando que no se realizan cambios incontrolados y que todos los participantes en el desarrollo del sistema disponen de la versión adecuada de los productos que manejan [Métrica versión 3].

## **Estudio de viabilidad del sistema**

Durante el estudio de viabilidad del sistema se realizan las actividades que permiten obtener el Plan de Gestión de Configuración para el sistema de información. Con este objetivo se definen en primer término los requisitos de gestión de configuración del sistema de información, los cuales deberán tenerse en cuenta a la hora de establecer el plan de Gestión de Configuración para la Solución propuesta (EVS 6.2) [Métrica versión 3].

## **ACTIVIDAD EVS-GC 1: Definición de los requisitos de gestión de configuración**

El objetivo de esta actividad es identificar la necesidad de gestionar la configuración de los sistemas de información, definiendo para dichos sistemas los requisitos generales de gestión de configuración y determinando los procesos de control que se van a llevar a cabo para mantener la integridad de los productos que se obtengan a lo largo de los procesos principales de MÉTRICA Versión 3 [Métrica versión 3].

## **Tarea EVS-GC 1.1: Definición de los Requisitos de Gestión de Configuración**

### **Informe de salida: Requisitos de gestión de configuración**

Los requerimientos principales fijados en el marco de esta tesis que motivan la necesidad del control de configuración son:

- ✘ Identificar y dar visibilidad a los productos finales más relevantes (según se especifica en el plan de gestión de configuración) de cada uno de los hitos del proyecto detallados en el documento planificación general del sistema.
- ✘ Asegurar la trazabilidad de un producto con sus dependencias.
- ✘ Definir y organizar las tareas de manipulación de los productos generados.
- ✘ Asegurar la integridad, completitud y consolidación de los cambios requeridos sobre los productos finales generados e Identificar a sus responsables.
- ✘ Asegurar la accesibilidad física de copias de respaldo.

- Dar soporte a los procesos de control (auditorías) de la evolución del proyecto.

Dada la pequeña magnitud de los proyectos considerados y de los recursos humanos involucrados y disponibles, el control formal solo se realizará sobre la finalización de cada fase, no contemplándose revisiones ni documentación formal de ningún tipo durante el proceso de cambio en sí, es decir, una vez identificada la necesidad de crear un elemento de configuración o modificarlo, el control de cambios solo dará cuenta del mismo una vez alcanzada la finalización del proceso de construcción o cambio definido y no durante dicho proceso.

### **ACTIVIDAD EVS-GC 2: Establecimiento del plan de gestión de configuración**

El objetivo de esta actividad es definir el Plan de Gestión de Configuración para la Solución propuesta (EVS 6.2) y especificar el entorno tecnológico de soporte a la gestión de configuración [Métrica versión 3].

#### **Tarea EVS-GC 2.1: Definición del Plan de Gestión de la Configuración**

Se especifica a continuación el plan de gestión de configuración a seguir durante la ejecución del Plan de Sistemas de Información descrito en este trabajo de tesis.

#### **Informe de salida: Plan de gestión de la configuración para el sistema de información**

El Propósito de este plan de gestión de configuración es definir los procedimientos, directivas y estándares a seguir para controlar la evolución de los sistemas a desarrollar, proveyendo una visibilidad adecuada sobre los mismos a la vez que garantizando la integridad del producto en todas las etapas de su ciclo de vida. Se especifican con este propósito los elementos de configuración a controlar, los procedimientos, tipo de controles y documentación asociada.

#### **Componentes del Plan de Gestión de Configuración**

##### ***Elementos de configuración***

Los elementos de configuración controlados por este plan de gestión de configuración incluyen parte de la documentación emitida, del código fuente, los productos utilizados en reemplazo de código fuente propio y los ejecutables liberados como versiones instalables del software generado. A continuación se lista un detalle de los mismos indicando en negrita la identificación que se le asigna para nombrarlos:

### **Documentación**

- ☒ **Requisitos:** Especificación de Requisitos, Software, Modelo de Negocio / Dominio, Modelo de Casos de Uso, Especificación de Casos de Uso, Modelo de Clases de Análisis.
- ☒ **Diseño:** Diseño de la Arquitectura del Sistema, Modelo de Clases de Diseño
- ☒ **Manual:** Manual de usuario.

### **Código fuente**

- ☒ **LIB-IMG:** Librería de procesamiento de imágenes.
- ☒ **LIB-CLS:** Librería de clasificación de caracteres.
- ☒ **MOD-IDN:** Módulo de interpretación de identificaciones en imágenes.
- ☒ **SRC-SAP:** Sistema de análisis y pruebas.

### **Ejecutables**

- ☒ **IDN:** Módulo de Interpretación de identificaciones en imágenes.
- ☒ **SAP:** Sistema de análisis y pruebas.

### **ProdExt**

- ☒ **Toolkit for Delphi** versión 2.14
- ☒ **DSPLAB for Delphi** versión 1.0

### **Líneas base**

Las líneas base programadas en este Plan de Gestión de Configuración son (se muestra la fecha en que según el plan del proyecto cada una de ellas debe estar disponible y los caracteres con los que se las identifica):

### **Línea base de asignación de funciones**

Fecha: 07/02/06

Identificación: **ASF**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- ☒ Especificación de requisitos del software. **Requisitos**

***Línea base de diseño (DS)***

Fecha: 17/02/06

Identificación: **DSÑ**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- ☒ Documentación de diseño del software. ***Diseño.***

***Línea base de producto (Sistema de Análisis y Pruebas) – fuentes***

Fecha: 27/04/06

Identificación: **PFA**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- ☒ Librería de procesamiento de imágenes. **LIB-IMG**
- ☒ Librería de acondicionamiento de imágenes. **LIB-ACN**
- ☒ Librería de clasificación de caracteres. **LIB-CLS**
- ☒ Sistema de análisis y pruebas. **SRC-SAP**
- ☒ Productos desarrollados por terceros **ProdExt**

***Línea base de producto – Sistema de Análisis y Pruebas***

Fecha: 03/05/06

Identificación: **PBA**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- ☒ Sistema de análisis y pruebas. **SAP**
- ☒ Manual de usuario. ***Manual***

***Línea base de producto (Módulo Identificación) – fuentes***

Fecha: 05/07/06

Identificación: **PFI**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- Módulo de interpretación de identificaciones en imágenes. **MOD-IDN**

**Línea base de producto – Módulo Identificación. – 05/07/06**

Fecha: 05/07/06

Identificación: **PBI**

Conformada por los siguientes elementos de configuración:

- Módulo de Interpretación de identificaciones en imágenes. **IDN**

### **Identificación de la configuración.**

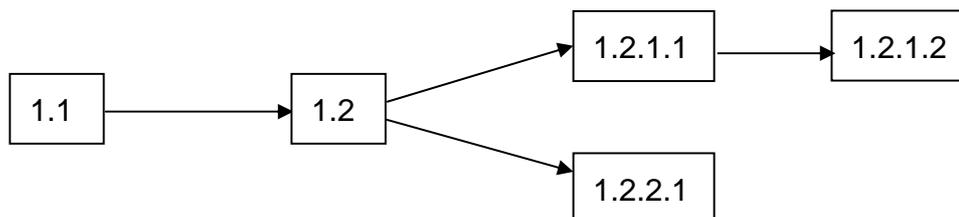
Se utilizará para identificar las distintas versiones de los elementos de configuración una cadena de pares (nombre atributo=valor) encerradas entre corchetes y precedida por la palabra Versión y el signo “=”.

Los atributos que se utilizarán serán:

- **Nombre:** Descripción corta del elemento de configuración.
- **Fecha:** Fecha en que se instancia la versión en cuestión.
- **Tipo:** Tipo de elemento de configuración de que se trata. Los valores para los tipos pueden ser (**Doc** para documentación, **Src** para código fuente, **Bin** para ejecutables)
- **INT:** identifica si esta versión es de uso interno o si es accesible a los usuarios o clientes. Sus valores posibles son **Si**, **No**
- **ID:** identificador de seguimiento. Consta de un conjunto de pares de números (número de variante. número de versión) separados por puntos. Ej.: 1.1 o también 1.1.1.2.
- **LB:** Identifica la línea base de la que forma parte.

No se considera un atributo que indique al responsable dado que en todos los casos es el autor de esta tesis ni tampoco del proyecto dado que en solo existe un proyecto, no habiendo posibilidades futuras de inclusión de otros en el marco de este trabajo de tesis. Tampoco se indica el estado, dado que solo se consideran elementos de configuración aprobados.

El número de revisión se incrementa en cada nueva revisión. El primer número se utiliza para identificar la aparición de variantes según se muestra en la siguiente figura:



Si un elemento de configuración tiene **ID=1.2**, y es modificado creándose dos variantes del mismo, éstas se identificarán **ID=1.2.1.1** y **ID=1.2.2.1**

Es decir, Un **ID=1.2.3.4** se interpreta así:

Para el elemento de configuración en cuestión se desarrollaron inicialmente al menos dos revisiones (1.1 y 1.2) al llegar a esta instancia se generaron al menos 3 variantes (1.2.1.1, 1.2.2.1, 1.2.3.1). De la variante 1.2.3 se crearon al menos 4 revisiones (1.2.3.1, 1.2.3.2, 1.2.3.3, 1.2.3.4)

Un ejemplo de identificador será:

**Versión**[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.3.1.2; INT=No; LB=ASF]

### ***Bibliotecas***

Se utilizarán tres bibliotecas según se detalla a continuación.

#### ***Biblioteca de Proyecto***

En la del proyecto Biblioteca de proyecto denominada **BDS** se mantendrán los elementos de configuración en proceso de modificación mientras no formen parte de una línea base

#### ***Biblioteca Maestra***

La Biblioteca Maestra, denominada **BMS** contendrá las versiones de los elementos de configuración que forman parte de una línea base.

#### ***Biblioteca de Respaldo***

La Biblioteca de Respaldo, denominada **BRS**, contendrá copias de respaldo de la Biblioteca del Proyecto y de la Biblioteca Maestra.

La implementación de ambas bibliotecas se hará usando la herramienta de Microsoft Visual Source Safe y se utilizarán para facilitar la identificación y manipulación de su contenido las etiquetas que facilita dicha herramienta siguiendo la norma de identificación especificada anteriormente (Versión[...]). La asignación de los identificadores de versiones estarán a cargo del bibliotecario quien generará un reporte indicando las novedades cada vez que se asignen nuevos identificadores de revisión.

Se utilizará el mecanismo de respaldo que provee el Visual Source Safe para hacer copias de seguridad semanales del contenido de las bibliotecas (**BRS**).

### **Organización del Plan de Gestión de Configuración**

Se describe a continuación la distribución de responsabilidades en la gestión de configuración de los desarrollos realizados en este trabajo de tesis.

### **Comité de Control de Cambios**

Está integrado por el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend.

### **Tareas / responsabilidades**

Dado el carácter académico de este trabajo las responsabilidades recaen sobre el autor de la misma. A continuación se lista las tareas consideradas.

- ✘ Planificación del control de configuración. Estas responsabilidades incluyen la definición de los mecanismos de identificación de versiones, selección de elementos de configuración, planificación de la instrumentación de las bibliotecas, definición del mecanismo a utilizar para la aceptación de una línea base y de funcionamiento del comité de control de cambios y definición de los reportes a generar.
- ✘ Estimación de los recursos necesarios para llevar adelante el control de configuración.
- ✘ Documentación de las tareas y procedimientos requeridos y verificación de su cumplimiento.
- ✘ Estudio de los riesgos involucrado, planificación e instrumentación de las acciones de aversión al riesgo.
- ✘ Verificación del cumplimiento de los procedimientos que garantizan la disponibilidad de todos los elementos de configuración en cada una de sus revisiones de seguirse los procedimientos de acceso definidos.
- ✘ Selección de las herramientas a utilizar para el control de configuración.
- ✘ Verificación de cumplimiento de los procedimientos de control de cambios y liberación de versiones.
- ✘ Participación en el comité de control de cambios.
- ✘ Llevar adelante las revisiones y auditorias programadas.
- ✘ Cumplimiento del rol de bibliotecario.
- ✘ Ejecución del procedimiento de liberación de versiones entregables (releases).

### **Procedimientos del Plan de Gestión de Configuración.**

En los proyectos regidos por este plan de gestión de configuración se mantendrá información sobre los siguientes elementos y / o eventos:

- ☒ Establecimiento y modificación de líneas base.
- ☒ Registro de peticiones de cambio.
- ☒ Resultado de la evaluación de la petición de cambio.
- ☒ Ordenes de cambio.
- ☒ Registro de cambios efectuados.
- ☒ Seguimiento de problemas.
- ☒ ECS que componen una versión entregable del sistema (release)
- ☒ Liberación de versiones entregables del sistema

Se detalla a continuación los procedimientos a seguir en cada caso.

#### ***Procedimiento para la aceptación de una Línea Base***

EL procedimiento de aceptación de una línea base será el siguiente:

- I. Se verificará que se cumplieron los pasos previstos para la prueba de los elementos de configuración involucrados.
- II. Se generará una identificación apropiada para la línea base según se especifica en este plan de gestión de configuración.
- III. Se generará la documentación pertinente que registra la existencia de la nueva línea base según se describe en este plan de gestión de configuración.
- IV. Se realizará una revisión de que se han cumplido los pasos especificados y formalizándose la liberación de la línea base.

Los cambios sobre los elementos de configuración se llevarán adelante sin controles formales hasta que son presentados a la revisión de fase correspondiente. Una vez alcanzada este estado para realizar cambios sobre un elemento de configuración será necesario llevar adelante el procedimiento formal establecido, siendo responsabilidad del comité de control de cambios la aprobación o rechazo de la solicitud de cambio y el seguimiento y verificación de su implementación. La primer reunión del comité de cambios se llevará adelante el 20/12/05.

La documentación asociada con la gestión de configuración se realizará mediante la confección de una serie de formularios cuyo formato se describe a continuación.

### ***Procedimiento de requerimiento de cambios***

El proceso de cambio en algún elemento de la configuración del sistema, tanto sea como consecuencia de la detección de un defecto en el diseño o implementación como por el agregado de nueva funcionalidad comenzará con la confección de un formulario de petición de cambio conteniendo:

- ☒ Título: Petición de cambio
- ☒ Fecha de Solicitud.
- ☒ Nombre del solicitante.
- ☒ Tipo de solicitud (agregado de nueva funcionalidad, solución de un defecto, mejora en el rendimiento).
- ☒ Descripción del cambio requerido
- ☒ Motivación de la solicitud.
- ☒ Documentación de referencia (si es necesario).
- ☒ Antecedentes (si es necesario)
- ☒ Identificación de la release a modificar.

### ***Procedimiento de evaluación de cambios***

Recibida la petición de cambio por el comité de control de cambios este evaluará:

- ☒ Los beneficios que produciría el cambio.
- ☒ El costo y el esfuerzo de llevarlo adelante.
- ☒ Posibles alternativas al cambio solicitado.
- ☒ Los elementos de configuración afectados.
- ☒ Las instalaciones existentes que debieran incluir la modificación solicitada.
- ☒ Las posibilidades de implementaciones actuales (disponibilidad de recursos).
- ☒ La necesidad de consultar otras opiniones según el impacto del cambio.

La decisión que tome el comité de control de cambios será formalizada mediante un documento con la siguiente información.

- ☒ Título: Evaluación de orden de cambio
- ☒ Identificación de la solicitud de cambio de referencia.
- ☒ Fecha de la decisión

- ☒ Decisión tomada. Aceptación o rechazo de la solicitud
- ☒ Persona responsable.
- ☒ Consideraciones que respaldan la decisión

Si se decide aceptar la solicitud el sistema se generará así mismo un formulario de orden de cambio con la siguiente información.

- ☒ Título: Orden de cambio
- ☒ Identificación de la solicitud de cambio de referencia.
- ☒ Especificación del cambio.
- ☒ Elementos de configuración involucrados (nombres, revisiones).
- ☒ Líneas base afectadas.
- ☒ Responsables de realizar los cambios.
- ☒ Responsables de seguimiento del cambio.
- ☒ Revisiones y pruebas que se requieren para aprobar el cambio.
- ☒ Fecha estimada de inicio y fin del proceso de cambio.
- ☒ Esfuerzo estimado en días hombre.
- ☒ Documentación de referencia. (mención del documento que justifica las estimaciones, por ejemplo).

Se comunicará al bibliotecario, al responsable de la modificación y al responsable del seguimiento (roles cumplidos en este trabajo por el autor de esta tesis) indicándoles los elementos de configuración que deben estar en la biblioteca de desarrollo, el cambio que debe realizar, sobre que elementos de configuración, fecha de inicio y fin (estimada) de la modificación, así como las pruebas y revisiones que determinarán la finalización del proceso de cambio

#### ***Procedimiento de seguimiento de cambios. Gestión de Problemas***

Durante el proceso en que se lleva adelante el cambio no se espera documentación formal del seguimiento del proceso, sin embargo, si excepcionalmente se lo considerara necesario, se generará un documento con la siguiente información para documentar el evento de interés.

- ☒ Título: Seguimiento de cambio
- ☒ Identificación de la orden de cambio de referencia.
- ☒ Fecha
- ☒ Persona responsable.

- ☒ Comentarios

### ***Procedimiento Finalización de cambios***

Después de realizarse un cambio el responsable de su seguimiento informará al comité de control de cambios y este procederá a dar su aprobación final. El responsable del mismo solicitará al bibliotecario la identificación de las nuevas revisiones a generar y registrará los resultados emitiendo un documento con la siguiente información:

- ☒ Título: Aprobación de cambios
- ☒ Identificación de orden de cambio de referencia.
- ☒ Fecha de finalización.
- ☒ Elementos de configuración realmente modificados (nombres, revisiones generadas).
- ☒ Líneas base realmente afectadas.
- ☒ Costo real de la modificación.
- ☒ Instalaciones que deben ser actualizadas.
- ☒ Documentación de referencia (resultado de pruebas y revisiones).

El documento deberá ser entregado a los miembros del comité de cambios que informará al solicitante del cambio y al bibliotecario, quien procederá a agregar los elementos de configuración modificados a la biblioteca maestra.

### ***Procedimiento de establecimiento de líneas base***

El proceso de aprobación de las líneas bases definidas para el proyecto es el siguiente:

1. Se realiza una revisión o auditoria según corresponda.
2. Si la revisión no es exitosa se sigue el procedimiento de cambio definido anteriormente para la gestión de problemas y cambios. Si la revisión o auditoria es exitosa se informa al comité de control de cambios.
3. El comité de control de cambios formaliza la decisión tomada mediante un documento con la siguiente información:
  - ☒ Título: Línea Base
  - ☒ Nombre de la Línea base.
  - ☒ Fecha.
  - ☒ identificadores de los elementos de configuración que contiene.

- Documentación de referencia (revisiones, pruebas, etc.).
- Responsable

Se informa al bibliotecario quien procederá a ingresar los elementos de configuración de la línea base establecida en la biblioteca maestra.

### ***Procedimiento de liberación de versiones entregables (releases)***

Una vez aprobada la línea base de producto e ingresadas los ECS modificados en la base de datos maestra, el bibliotecario procederá a generar un CD de instalación del sistema y generará un documento con la siguiente información:

- Título: Release de software.
- Identificación del release.
- Fecha.
- Responsable

### **Contabilidad del estado de la configuración.**

La identificación de los elementos de configuración se incluirá formando parte de cada elemento, utilizando los identificadores antes descritos. La manipulación física de dichos elementos se realizará usando la herramienta Visual Source Safe, estando a cargo del bibliotecario su uso y administración. Los documentos se guardarán en formato Word 2000. Se usará como etiqueta de las revisiones el ID del identificador de revisión correspondiente. De esta forma resulta elemental restablecer mediante el VSS una dada revisión de la configuración así como también efectuar comparaciones entre distintas revisiones de un elemento de configuración.

La organización de la documentación generada en la solución implementada en tesis está ordenada en función de las actividades propuestas por la metodología Métrica Versión 3. Esto facilita la visualización del seguimiento de la metodología en sí y divide los documentos generados en secciones desarrolladas cada una en una tarea diferente.

Por este motivo, al encontrarse divididos en múltiples secciones separadas entre sí, no resulta práctico identificar los documentos generados mediante una carátula conteniendo la identificación del elemento de configuración al que pertenecen ya que de esta forma no es posible verificar el número de revisión de un documento en particular al observar su contenido en una tarea dada. Esto motiva la siguiente definición:

Los documentos que forman parte de un elemento de configuración serán identificados dentro de esta tesis incluyendo su identificador de revisión al comienzo de cada sección (tarea) en que sean tratados. Ejemplo en la Tarea EVS 3.3: Catalogación de Requisitos se incluirá:

Informe de salida: Catálogo de Requisitos

**Versión**[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]

Es posible que la fecha indicada sea posterior a la cual la sección del documento en cuestión fue escrita, dado que refiere al momento en que fue aprobado el elemento de configuración entero, que en este caso corresponde con la línea base de asignación de funciones.

Se mantendrá también en una planilla de cálculo los datos de cada instalación del sistema ( elemento de configuración **IDN** ) conteniendo la siguiente información.

- Identificador del release.
- Fecha de instalación.
- Empresa / Planta / Sector
- Lugar.
- Responsable.

Las consultas sobre el estado de la configuración del sistema se harán directamente sobre los documentos antes mencionados, dada la pequeña magnitud de los proyectos alcanzados por este plan de gestión de configuración no se prevé un sistema de almacenamiento de la información (como una base de datos por ejemplo) sobre el que se pueda estructurar las consultas de una forma más ágil y efectiva.

### **Auditoría de la configuración.**

Se realizará una revisión luego de finalizada la fase de análisis y educación de requisitos y otra después de finalizada la fase de diseño del sistema.

La especificación de los controles relacionados con la fase de codificación y pruebas se documentan en el en la actividad ASI 10 (plan de pruebas) y la tarea EVS 3.3 junto con la definición de los requisitos del sistema siendo responsabilidad de la gestión de calidad del proyecto que se cumplan dichos procedimientos. La gestión de configuración en cambio será responsable en esta fase de certificar que se han cumplido todos los pasos requeridos para lo cual se realizará una auditoría funcional. Se realizará también una auditoría física antes de establecer la línea base de producto.

Las revisiones y auditorias serán llevadas a cabo por la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend. A continuación se detallan los elementos a tener en cuenta al realizar las auditorías programadas.

### **Análisis - Educación.**

Objetivo: Buscar defectos en los requisitos de software en cuanto a que no describan en forma precisa y exacta la funcionalidad requerida.

### ECS revisado **Requisitos**

Documentación necesaria: Catálogo de requisitos, documentación generada durante el análisis del sistema.

Procedimiento: Se realizará una reunión con el cliente<sup>5</sup> entregándole una copia de la documentación que se leerá en forma conjunta el documento procediéndose a su aprobación o rectificación.

### **Diseño de arquitectura.**

Objetivo: Buscar defectos en el diseño de software propuesto en cuanto a que no implementa correcta y completamente la funcionalidad requerida en la especificación de requisitos de software.

### ECS revisado **Diseño**

Documentación necesaria: **Requisitos, Diseño**

Procedimiento: Se estudiará el diseño del sistema revisando su estructura, generalidad y flexibilidad.

### **Auditoría Funcional**

Objetivo: Verificar que se han cumplido las pruebas planificadas para el sistema y que el resultado de las mismas fue exitosa.

ECS revisado **IDN** y **SAP** (indirectamente, a través de la documentación de las pruebas)

Documentación necesaria: Manual de calidad, Resultados de las pruebas

Procedimiento: Se evaluará que los resultados documentados de las pruebas sean exitosas y estén de acuerdo al plan de calidad del proyecto.

### **Auditoría Física**

ECS auditados: **Requisitos, Diseño, Manual, IDN**

Documentación necesaria: **Requisitos, Diseño, Manual**

Procedimiento: Se evaluará la exactitud y correspondencia entre la documentación y el software desarrollado.

Todas las auditorías y revisiones se registrarán emitiendo un documento conteniendo la siguiente información:

- Título: Auditoría (indicar tipo de auditoría)

---

<sup>5</sup> Dado el carácter académico de este trabajo el rol de cliente será ocupado por el director de tesis.

- ☒ Fecha.
- ☒ Elementos de configuración revisados.
- ☒ Línea base a la que pertenecen.
- ☒ Identificador de informe de solicitud de cambio generado.
- ☒ Resultado.
- ☒ Comentarios.
- ☒ Documentación de referencia.
- ☒ Responsable

### **Recogida y retención de registros**

Dado el tamaño de este proyecto se retendrá el total de la información generada. El procedimiento será el antes mencionado, es decir se harán copias de respaldo en CDs del contenido de las bibliotecas implementadas en el VSS.

### **Copias de respaldo**

Se hará semanalmente una copia de respaldo de toda la configuración del sistema. Dado que el espacio de almacenamiento esperado para la suma de todos los elementos de configuración es pequeño. La misma se efectuará en un CD que se almacenará donde lo decida el bibliotecario.

### **Políticas, directivas y procedimientos aplicables.**

Este proyecto no se encuentra sujeto a directivas establecidas externas al mismo.

### **Tarea EVS-GC 2.2: Especificación del Entorno Tecnológico para la Gestión de Configuración**

#### **Informe de salida: Plan de gestión de la configuración para el sistema de información**

Las herramientas y tecnologías involucradas en este plan de gestión de configuración son las documentadas en el plan de gestión de configuración.

#### **Análisis, diseño, construcción e implantación y aceptación del sistema de información**

#### **ACTIVIDAD GC 1: Identificación y registro de productos.**

Esta actividad tiene como objetivo identificar los productos que se obtienen en cada uno de los procesos, asignándoles un nombre, un código de versión, un estado que indicará la situación en que se encuentran dentro de su proceso de

elaboración, y su localización en el sistema de gestión de la configuración, de forma que se encuentren identificados de manera única [Métrica versión 3].

Esta actividad no se realiza para los productos desarrollados en esta tesis dado que se ha decidido llevar un control e la configuración para los productos finales de cada etapa.

Se crea un elemento de configuración para los productos utilizados

**Toolkit for Delphi** versión 2.14

**DSPLAB for Delphi** versión 1.0

Según se estipula en el plan de gestión de configuración.

Se lo ingresa en la biblioteca maestra y se genera el siguiente identificador para la revisión:

**Versión**[Nombre= ProdExt; Fecha=20/02/06; Tipo=Src; ID=1.0.0.0; INT=Si; LB=PFA]

## **ACTIVIDAD GC 2: Identificación y registro del producto global**

El objeto de esta actividad es identificar y registrar en el sistema de gestión de la configuración los productos globales que se obtienen a lo largo del desarrollo de los procesos principales [Métrica versión 3].

### **Tarea GC 2.1: Registro en el Sistema de Gestión de la Configuración del Producto Global de Proceso**

El objeto de esta tarea es identificar y registrar en el sistema de gestión de la configuración los productos globales que se obtienen a lo largo del desarrollo de los procesos principales.

#### **Informe de salida: Registro del Producto Global**

Todos los elementos de configuración se encuentran ubicados en la biblioteca correspondiente.

#### **Establecimiento de línea base de asignación de funciones**

El 06/02/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la reunión programada para validar los requisitos educidos exponiéndose la documentación que forma parte el elemento de configuración denominado **Requisitos**. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal al elemento de configuración analizado verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

α Título: Auditoría de asignación de funciones

- ✘ Fecha: 06/02/06
- ✘ Elemento de configuración revisado: **Requisitos**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Asignación de funciones
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.
- ✘ Documentación de referencia: **Requisitos**.
- ✘ Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera el siguiente identificador para la revisión:

**Versión[Nombre=Requisitos; Fecha=07/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT=No; LB=ASF]**

### **Establecimiento de línea base de diseño**

El 17/02/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la auditoría del diseño del sistema de información exponiéndose la documentación que forma parte el elemento de configuración denominado **Diseño**. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal al elemento de configuración analizado verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

- ✘ Título: Auditoría de diseño
- ✘ Fecha: 17/02/06
- ✘ Elemento de configuración revisado: **Diseño**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Diseño
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.
- ✘ Documentación de referencia: **Requisitos, Diseño**.
- ✘ Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera el siguiente identificador para la revisión:

**Versión[Nombre=Diseño; Fecha=17/02/06; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=DSÑ]**

### **Establecimiento de línea base de producto (Sistema de análisis y pruebas) - Fuentes**

El 27/04/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la auditoría funcional del sistema de información exponiéndose la documentación resultante de las pruebas de sistema. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal a los elementos de configuración analizados verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

- ✘ Título: Auditoría funcional. Sistema de análisis y pruebas
- ✘ Fecha: 27/04/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: **LIB-IMG, LIB-CLS, SRC-SAP, SAP, ProdExt**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto – Sistema de análisis y pruebas.
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.
- ✘ Documentación de referencia: Pruebas del sistema.
- ✘ Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera los siguientes identificadores para la revisión:

Librería de procesamiento de imágenes.

**Versión[Nombre= LIB-IMG; Fecha=24/04/06; Tipo=Src; ID=1.0.0.0; INT =Si; LB=PFA]**

Librería de clasificación de caracteres.

**Versión[Nombre= LIB-CLS; Fecha=24/04/06; Tipo= Src; ID=1.0.0.0; INT = Si; LB=PFA]**

Código fuente sistema de análisis y pruebas.

**Versión[Nombre= SRC-SAP; Fecha=24/04/06; Tipo= Src; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=PFA]**

Sistema de análisis y pruebas.

**Versión[Nombre= SAP; Fecha=24/04/06; Tipo=Bin; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=PBA]**

### **Establecimiento de línea base de producto - Sistema de análisis y pruebas**

El 03/05/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la auditoría física del sistema de información exponiéndose la documentación resultante de las pruebas de sistema. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y

el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal a los elementos de configuración analizados verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

- ✘ Título: Auditoría física. Sistema de análisis y pruebas
- ✘ Fecha: 03/05/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: **Requisitos, Diseño, Manual, SAP**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto – Sistema de análisis y pruebas.
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.
- ✘ Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera los siguientes identificadores para la revisión:

Manual de usuario.

**Versión[Nombre= *Manual*; Fecha=27/04/03; Tipo=Doc; ID=1.0.0.0; I INT =No; LB=PFA]**

### **Liberación de release de software- Sistema de análisis y pruebas**

Cumplidas las condiciones dispuestas en el manual de gestión de configuración y manual de calidad se procede a generar un release de software para el sistema de análisis y pruebas el cual se documenta según lo expresado en el manual de gestión de configuración.

- ✘ Título: Release de software.
- ✘ Identificación del release: Sistema de análisis y pruebas Versión 1.0.0.0
- ✘ Fecha: 27/04/03
- ✘ Responsable: Lic. Pablo Behrend

### **Establecimiento de línea base de producto (Módulo de identificación) - Fuentes**

El 05/07/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la auditoría funcional del sistema de información exponiéndose la documentación resultante de las pruebas de sistema. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal a los elementos de configuración analizados verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para

formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

- ✘ Título: Auditoría funcional. Módulo de identificación automática
- ✘ Fecha: 05/07/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: **MOD-IDN**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto – módulo de identificación automática.
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.
- ✘ Documentación de referencia: Pruebas del sistema.
- ✘ Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera los siguientes identificadores para la revisión:

Módulo de interpretación de identificaciones en imágenes.

Versión[Nombre= MOD-IDN; Fecha=05/07/06; Tipo=Src; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=PFI]

### **Establecimiento de línea base de producto – Módulo de detección automática**

El 05/07/06 en dependencias de ITBA se lleva adelante la auditoría física del sistema de información exponiéndose la documentación resultante de las pruebas de sistema. Los presentes, Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend dan su aprobación formal a los elementos de configuración analizados verificándose que se cumplen los requisitos establecidos para la misma. Se confecciona el documento que se incluye a continuación para formalizar la aprobación según lo especificado en el plan de gestión de la configuración.

- ✘ Título: Auditoría física. Módulo de detección automática
- ✘ Fecha: 05/07/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: **IDN**
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto – Módulo de detección automática.
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza la generación de la línea base.

- Responsable: Dr. Ramón García Martínez, M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend

Se genera los siguientes identificadores para la revisión:

Módulo de Interpretación de identificaciones en imágenes.

Versión[Nombre= IDN; Fecha=05/07/06; Tipo=Bin; ID=1.0.0.0; INT =No; LB=PBI]

### **Liberación de release de software- Módulo de identificación automática de tubos**

Cumplidas las condiciones dispuestas en el manual de gestión de configuración y manual de calidad se procede a generar un release de software para el módulo de identificación automática el cual se documenta según lo expresado en el manual de gestión de configuración.

- Título: Release de software.
- Identificación del release: Sistema de identificación automática de tubos Versión 1.0.0.0
- Fecha: 27/04/03
- Responsable: Lic. Pablo Behrend

### **Mantenimiento del sistema de información**

No se han registrado solicitudes de cambio sobre los elementos de configuración bajo control.

## **Gestión de calidad**

El objetivo de la interfaz de Aseguramiento de la Calidad es proporcionar un marco común de referencia para la definición y puesta en marcha de planes específicos de aseguramiento de calidad [Métrica versión 3].

## **Estudio de viabilidad del sistema**

En el estudio de viabilidad el grupo de aseguramiento de calidad inicia el estudio de los sistemas de información con el fin de identificar las condiciones en que se van a desarrollar y/o a implantar así como también las características que deben reunir en cuanto a operación, facilidad de mantenimiento y portabilidad para satisfacer las necesidades del cliente y los requisitos especificados [Métrica versión 3].

## **ACTIVIDAD EVS-CAL 1: Identificación de las propiedades de calidad del sistema**

### **Tarea EVS-CAL 1.1: Constitución del Equipo de Aseguramiento de Calidad**

#### **Informe de Salida: Equipo de aseguramiento de calidad**

El equipo de aseguramiento de calidad está formado por

- a. Lic. Pablo Behrend, encargado de todas las tareas de planificación, gestión y operativas.
- b. M. Ing. Alejandra Ochoa, encargada de dar la aprobación final de las tareas realizadas.

### **Tarea EVS-CAL 1.2: Determinación de los Sistemas de Información objeto de Aseguramiento de Calidad**

#### **Informe de Salida: Sistemas de Información objeto de aseguramiento de calidad**

Estará sujetos al plan de aseguramiento de calidad

- Sistema de análisis y pruebas.

### **Tarea EVS-CAL 1.3: Identificación de las Propiedades de Calidad**

#### **Informe de Salida: Sistemas de Información objeto de aseguramiento de calidad**

#### **Propiedades de calidad**

A efectos de un control formal serán consideradas las siguientes factores de calidad divididas según el modelo de Mc Call:

### **Operación del producto**

- ☒ Facilidad de uso (dificultad de aprendizaje y análisis de resultados)
- ☒ Fiabilidad (funcionamiento sin errores)
- ☒ Corrección (cumplimiento de las especificaciones y satisfacción de los objetivos del usuario).

### **Revisión del producto**

- ☒ Facilidad de mantenimiento (corrección de errores)
- ☒ Facilidad de prueba (costo de verificar si se cumplen o no los requisitos)
- ☒ Flexibilidad (costo de adaptar el sistema a cambios en los requisitos)

### **Transición del producto**

No se consideran importantes en el contexto de este trabajo.

Estos factores de calidad se evaluarán mediante los siguientes criterios

### **Facilidad de uso**

- ☒ Facilidad de operación
- ☒ Facilidad de comunicación
- ☒ Facilidad de aprendizaje

### **Corrección**

- ☒ Completitud
- ☒ Consistencia

### **Fiabilidad**

- ☒ Precisión
- ☒ Modularidad
- ☒ Simplicidad

### **Facilidad de mantenimiento**

- ☒ Modularidad
- ☒ Simplicidad

- ☒ Concisión
- ☒ Auto descripción

### **Facilidad de prueba**

- ☒ Modularidad
- ☒ Simplicidad
- ☒ Auto descripción

### ***Flexibilidad***

- ☒ Auto descripción
- ☒ Modularidad

Es decir que se evaluarán los siguientes criterios de calidad

- ☒ Facilidad de operación
- ☒ Facilidad de comunicación (entradas y salidas fácilmente asimilables)
- ☒ Facilidad de aprendizaje (familiarización inicial con el software)
- ☒ Completitud (implementación completa de la funcionalidad requerida)
- ☒ Precisión (en los cálculos)
- ☒ Modularidad (alta cohesión, bajo acoplamiento)
- ☒ Simplicidad (implementación sin complejidad innecesaria)
- ☒ Concisión (implementación con la menor cantidad de código posible)
- ☒ Auto descripción (facilidad de lectura del software)

Quedando de esta forma establecida la definición de los elementos relevantes para garantizar la calidad de los sistemas considerados en esta tesis.

## **ACTIVIDAD EVS–CAL 2: Establecimiento el plan de aseguramiento de calidad**

### **Tarea EVS-CAL 2.1: Necesidad del Plan de Aseguramiento de Calidad para las Alternativas Propuestas**

#### **Informe de Salida: Sistemas de Información objeto de aseguramiento de calidad**

##### **Necesidad de un plan de aseguramiento de la calidad.**

Aunque el contexto de los proyectos bajo análisis se enmarca en un trabajo académico con las limitaciones presupuestarias y de recursos que esto implica, se considera necesario, como en todo proyecto de software, tener control sobre la calidad de la solución brindada. Por se hace necesario especificar los aspectos considerados clave (factores y criterios de calidad) y la forma en que dentro del marco de recursos disponibles, se llevará adelante dicho control.

##### **Tarea EVS-CAL 2.2: Alcance del Plan de Aseguramiento de Calidad**

La calidad de las alternativas analizadas será garantizada en todos los casos por plan de aseguramiento de la calidad que se describe a continuación.

#### **Informe de Salida: Plan de aseguramiento de la calidad**

##### **Propósito y alcance del plan.**

El propósito de este plan es asegurar que se tomen las medidas necesarias para asegurar el control sobre los criterios de calidad identificados en la tarea EVS-CAL 1.3. Este plan tiene como único sujeto el proyecto de desarrollo de la Herramienta de Análisis y Pruebas según se especificó en la tarea EVS-CAL 1.2 y deberá ser llevado adelante en un marco de restricciones presupuestarias impuestas por el contexto académico del mismo. Sin embargo aún en estas condiciones se considera necesario establecer un conjunto prioritario de criterios de calidad que se debe controlar para asegurar el éxito de la solución desarrollada.

##### **Objetivos**

El objetivo del presente plan de aseguramiento de la calidad es establecer el conjunto de directivas que es necesario llevar adelante para guiar el proceso de desarrollo y especialmente concentrar el esfuerzo de prueba en los factores considerados críticos. Dado que buena parte de la prueba del sistema se desarrollará sin un registro formal de sus resultados (dada la gran experiencia y mínima cantidad de recursos) se desea establecer en este plan, la guía que

permita en estas condiciones, obtener un producto de alta calidad en los parámetros de mayor interés.

### **Actividades necesarias para el aseguramiento de la calidad**

Todas las actividades de aseguramiento de la calidad serán llevadas adelante por el autor de esta tesis, único recurso disponible aunque sería deseable contar con personal no dedicado a tareas de desarrollo para cumplir con estas responsabilidades.

El mecanismo a seguir para formalizar el aseguramiento de la calidad de los productos generados consiste en llevar adelante controles al terminar cada una de los procesos principales del desarrollo. Durante la ejecución de cada uno de estos procesos el aseguramiento de la calidad es también necesario y se plantea como prioritario pero se decide no afrontar el esfuerzo de documentarlo formalmente.

Las actividades de aseguramiento de la calidad estarán sincronizadas con las de gestión de configuración, en el sentido de que se tomarán las medidas necesarias para el control de calidad sobre los elementos de configuración productos de cada proceso antes de incorporarlos en las bibliotecas de sistema y por lo tanto de darle carácter persistente e identificable.

Se realizará un control formal antes de generarse las líneas base (ver el plan de gestión de configuración):

- Línea base de asignación de funciones (Requisitos)
- Línea base de diseño (Diseño)
- Línea base de producto (código fuente)
- Línea base de producto (Ejecutable Módulo Identificación)
- Línea base de producto (Ejecutable Sistema de Análisis y Pruebas)

Habiéndose documentado los controles necesarios para aceptación de cada una de las líneas base en el Plan de Gestión de Configuración.

### **Productos mínimos exigibles de ingeniería del software**

Se detallan a continuación los productos mínimos exigibles de ingeniería de software en el contexto de esta tesis.

1. Estudio de viabilidad del sistema
  - Catálogo de requisitos
  - Modelo de Sistemas de Información
  - Arquitectura Tecnológica

- Plan de proyectos
  - Estudio de la inversión
  - Solución Propuesta
  - Plan de acción
2. Análisis del sistema de información
- Descripción General del Sistema
  - Especificación de requisitos de software
    - Descripción de Subsistemas de Análisis
    - Modelo de Casos de Uso
    - Especificación de Casos de Uso
    - Modelo de Clases de Análisis
    - Modelo de Descomposición en Subsistemas
    - Modelo de Negocio / Modelo de Dominio
    - Solución Propuesta
    - Plan de Pruebas
3. Diseño del sistema de información
- Diseño de la Arquitectura del Sistema
  - Entorno Tecnológico del Sistema
  - Catálogo de Excepciones
  - Catálogo de Requisitos
  - Especificaciones de Construcción del Sistema de Información
  - Modelo de Clases de Diseño
4. Construcción del sistema de información
- Evaluación del Resultado de las Pruebas del Sistema
  - Sistema de Información (fuentes y binarios)
  - Manual de Usuario.
5. Implantación y aceptación del sistema
- Plan de implantación

- ✘ Resultado de las pruebas de implantación
- ✘ Resultado de las Pruebas de Aceptación
- ✘ Plan de Mantenimiento
- ✘ Instalador de la herramienta de análisis y pruebas

## **Estándares, prácticas y normas aplicables durante el desarrollo del software.**

### **Documentación**

Se deberán respetar las siguientes normas en cuanto a la documentación se refiere.

- ✘ Todos los documentos deberán incluir su número de revisión a continuación del título en la primer hoja.
- ✘ Todos los documentos deberán incluir el nombre de su responsable (autor) en el pie de página.
- ✘ Todos los documentos deberán incluir el número de página en el pie de página.
- ✘ El nombre de los archivos conteniendo un documento será el título del documento al que se le agregará el número de revisión del mismo

### **Código fuente**

Se deberán respetar las siguientes normas en cuanto a modularidad, archivos y nomenclatura al generar el código fuente:

N1. Las clases se identificarán con nombres que comienzan con una letra T mayúscula.

N2. Los nombres de las clases derivadas de TForm (implementan formularios) tendrán una letra efe a continuación de la "T", por ejemplo TFMForm = class TForm.

N3. Se utilizará una letra mayúscula para ayudar la identificación de palabras dentro de una variable o método y facilitar así su lectura, Ej. "LeerRedNeuronal".

N5. Los nombres de las constantes se escribirán en mayúscula.

N6. Para los índices en operaciones de iteración se utilizará prioritariamente los nombres "j", "i", "k" en ese orden.

N7. Los delimitadores de sentencias begin, end se escribirán en líneas separadas del resto del código.

N8. Todas las secuencias de control condicional serán exhaustivas, es decir, que serán contemplados todos los casos explícitamente.

N9. Los nombres de los procedimientos serán verbos indicativos de la transformación que involucran.

N10. Los nombres de las variables serán sustantivos indicativos del tipo del objeto que alojan.

N11. Para los nombres de variables y procedimientos se utilizará el idioma Español, con la posible excepción de palabras de uso generalizado como "Get", "Set", etc.

N12. Se prestará especial atención al bajo acoplamiento y alta cohesión de los módulos, clases, procedimientos siendo este parámetro el primero a observar en la lectura obligatoria del código que se propone como primer paso en el proceso de prueba.

N13. Es un objetivo que los procedimientos no ocupen más de una página si no es estrictamente necesario.

N15. Se intentará minimizar el número de clases por archivo fuente, agrupando solo las que se encuentran fuertemente vinculadas funcionalmente.

N16. Se agruparán en una carpeta los archivos fuentes que implementan en conjunto determinada funcionalidad de alto nivel, utilizando diferentes carpetas para agrupar la implementación de grupos funcionales distintos.

N17. Se separarán en carpetas diferenciadas los archivos conteniendo clases que implementan funcionalidad de uso general.

### **Ejecutables**

Se deberán respetar las siguientes normas en cuanto a compilación del código fuente se refiere:

C1. Se depurarán todos los "warnings" generados por el compilador antes de realizar otro tipo de prueba o depuración.

C2. Las versiones de desarrollo se compilarán con chequeo de rangos y overflow

C3. Las versiones entregables se compilarán sin chequeo de rangos ni overflow ni información simbólica de depuración.

C4. Las versiones entregables se compilarán utilizando las optimizaciones del compilador, las de desarrollo no.

C5. Las unidades con código fuente tendrán en lo posible menos de 500 líneas.

C6. Se mantendrá actualizado el número de versión dentro de cada ejecutable.

C7. Las pruebas se realizarán sobre ejecutables generados con las opciones del compilador correspondientes a las versiones entregables.

C8. Todos los ejecutables tendrán definido internamente su número de revisión de cuatro partes x.x.x.x.

### **Revisiones, verificaciones y validaciones**

Las revisiones, verificaciones y validaciones a realizar se encuentran documentadas en el Plan de gestión de la configuración, dado que se realizarán como paso previo al establecer cada línea base luego de finalizar cada una de los procesos principales y estarán a cargo del autor de esta tesis actuando como contralor último la M. Ing. Alejandra Ochoa quien dará su aprobación final tras verificar la documentación pertinente.

El proceso de prueba del código fuente y ejecutables tendrá una primera etapa, realizada informalmente, en la que se realizará además la depuración y posteriormente para los casos en que así se especifique se realizará una prueba planificada, documentada y revisada formalmente.

Las pruebas informales del código fuente y ejecutables deberán incluir obligatoriamente al menos los siguientes pasos en el orden que se indica:

- Primer paso: Lectura del código fuente.
- Segundo paso: Pruebas tipo walk through.
- Tercer paso: Pruebas de caja negra.

Antes de realizar las pruebas es necesario releer los criterios de calidad establecidos, dado que no se documenta formalmente el proceso de prueba completo, se pretende con esto maximizar la atención de lo involucrados en los objetivos fijados.

### **Acciones Correctivas: Procedimientos**

Los procedimientos a seguir para analizar, implementar y controlar acciones correctivas se encuentran documentados en el Plan de gestión de la configuración.

## **Tarea EVS-CAL 2.3: Impacto en el Coste del Sistema**

### **Informe de salida: Valoración de alternativas**

#### **Coste del plan de aseguramiento de calidad**

El plan de aseguramiento de calidad definido en este documento asigna prioridades y define procedimientos de forma tal de maximizar la eficiencia en el uso de los recursos con el objetivo de alcanzar las metas de calidad propuestas en término de los criterios de calidad establecidos sin agregar tareas (ni volverlas más complejas) respecto de los requerimientos mínimos de cualquier proyecto de desarrollo por lo que no implica un costo mayor a considerar.

### **ACTIVIDAD EVS–CAL 3: Adecuación del plan de aseguramiento de calidad a la solución**

#### **Tarea EVS-CAL 3.1: Ajuste del Plan de Aseguramiento de Calidad**

##### **Informe de salida: Plan de aseguramiento de calidad de la alternativa elegida**

No se encuentra necesario realizar modificaciones al plan descripto.

#### **Tarea EVS-CAL 3.2: Aprobación del Plan de Aseguramiento de Calidad**

En una reunión realizada en dependencias del ITBA el 03/01/06 entre El Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se aprueba formalmente el plan de aseguramiento de la calidad propuesto.

#### **Análisis de sistema de información**

En este proceso se define de forma detallada el plan de aseguramiento de calidad para un sistema de información, a partir de la especificación resultante del proceso Estudio de Viabilidad del Sistema (EVS).

En el proceso Análisis del Sistema de Información se realiza la revisión de los siguientes productos [Métrica versión 3].:

- Catálogo de requisitos.
- Modelos resultantes del análisis.
- Plan de pruebas.

### **ACTIVIDAD ASI-CAL 1: Especificación del plan de aseguramiento de calidad**

#### **Tarea ASI-CAL 1.1: Definición del Plan de Aseguramiento de Calidad para el Sistema de Información**

##### **Informe de salida: Plan de aseguramiento de calidad**

#### **Aspectos generales**

Se realiza una revisión del plan de aseguramiento de calidad documentado en la actividad EVS–CAL 2 encontrándose que esa especificación satisface los requerimientos en esta cuestión por lo que se da por cumplida esta actividad.

## **ACTIVIDAD ASI-CAL 2: Especificación detallada del plan de aseguramiento de la calidad**

### **Tarea ASI-CAL 2.1: Contenido del Plan de Aseguramiento de Calidad para el Sistema de Información**

#### **Informe de salida: Plan de aseguramiento de calidad**

Se deja constancia de la revisión realizada al plan de aseguramiento de calidad documentado en la actividad EVS-CAL 2 encontrándose que esa especificación satisface los requerimientos en esta cuestión por lo que se da por cumplida esta actividad.

## **ACTIVIDAD ASI-CAL 3: Revisión del análisis de consistencia**

### **Tarea ASI-CAL 3.1: Revisión del Catálogo de Requisitos**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de requisitos**

Se deja constancia de que se ha validado los requisitos especificados verificándose que los mismos se encuentran documentados de una forma estructurada, precisa y completa. Asimismo, se ha comprobado que los requisitos del sistema de información son consistentes y pueden ser satisfechos, no detectándose deficiencia, agregado o corrección necesaria alguna.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la revisión realizada.

- ✧ **Título: Revisión del catálogo de requisitos**
- ✧ Fecha: 05/02/06
- ✧ Elementos de configuración revisados: Requisitos
- ✧ Línea base a la que pertenecen: Asignación de funciones
- ✧ Resultado: Aprobada
- ✧ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ✧ Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos del sistema.
  - II. Plan de aseguramiento de calidad
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad

- Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **Tarea ASI-CAL 3.2: Revisión de la Consistencia entre Productos**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de consistencia**

Se deja constancia de que se ha comprobado que todos los productos obtenidos se ajustan a las normas y estándares establecidos en el plan de aseguramiento de calidad y que responden a los requisitos especificados, habiéndose realizado la verificación y validación de los productos resultantes del análisis, así como la trazabilidad de requisitos.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la revisión realizada.

- Título: **Revisión de consistencia entre productos**
- Fecha: 07/02/06
- Elementos de configuración revisados: Requisitos
- Línea base a la que pertenecen: Asignación de funciones
- Resultado: Aprobada
- Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos del sistema.
  - II. Modelos del análisis revisados
  - III. Plan de aseguramiento de calidad
  - IV. Dossier de aseguramiento de calidad
- Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

## **ACTIVIDAD ASI-CAL 4: Revisión del plan de pruebas**

### **Tarea ASI-CAL 4.1: Revisión del Plan de Pruebas**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión del plan de pruebas**

Se deja constancia de que se ha revisado el plan de pruebas estando este en un todo de acuerdo con los criterios establecidos en el plan de aseguramiento de calidad.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la revisión realizada.

- ✘ Título: **Revisión del plan de pruebas**
- ✘ Fecha: 07/02/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: Requisitos (Plan de pruebas)
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Asignación de funciones
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Plan de pruebas
  - II. Plan de aseguramiento de calidad
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

## **Actividad ASI-CAL 5: Registro de la Aprobación del Análisis del Sistema**

### **Tarea ASI-CAL 5.1: Registro de la Aprobación del Análisis del Sistema de Información**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Registro de la aprobación del Análisis del Sistema de Información**

Se deja constancia de que se han aprobado los productos resultantes del Análisis del Sistema de Información.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Análisis de sistemas de información**
- ✘ Fecha: 07/02/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: Requisitos
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Asignación de funciones
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos del sistema
  - II. Plan de aseguramiento de calidad
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **Diseño de sistema de información**

Las revisiones del diseño se centran en confirmar que los requisitos especificados en el proceso Análisis del Sistema de Información se han traducido en una arquitectura conforme al entorno tecnológico seleccionado[Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD DSI-CAL 1: Revisión de la verificación de la arquitectura del sistema**

#### **Tarea DSI-CAL 1.1: Revisión de la Consistencia entre Productos del Diseño**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión de la arquitectura del sistema**

Se deja constancia de que se ha comprobado que todos los productos resultantes del diseño se ajustan a las normas y estándares establecidos en el plan de aseguramiento de calidad y se ha realizado la verificación y validación de los mismos. Se comprueba además que el diseño de la arquitectura del sistema responde a los requisitos especificados en el análisis.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la revisión realizada.

- ✘ Título: **Revisión de la consistencia entre productos del diseño**
- ✘ Fecha: 17/02/06
- ✘ Elementos de configuración revisados: Diseño

- ☒ Línea base a la que pertenecen: Diseño
- ☒ Resultado: Aprobada
- ☒ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ☒ Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos
  - II. Modelos del diseño verificados
  - III. Plan de aseguramiento de calidad
  - IV. Dossier de aseguramiento de calidad
- ☒ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

## **Tarea DSI-CAL 1.2: Registro de la Aceptación de la Arquitectura del Sistema**

### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Registro de la aceptación de la arquitectura del sistema**

Se deja constancia de que se ha comprobado que los responsables de operación están de acuerdo con el diseño de la arquitectura del sistema teniendo en cuenta el entorno tecnológico en el que va a estar operativo. Se registra así mismo, la aprobación de los productos resultantes teniendo en cuenta los criterios establecidos en el plan de aseguramiento de calidad.

Se incluye a continuación el documento confeccionado para formalizar la aceptación.

- ☒ Título: **Aceptación de la arquitectura del sistema**
- ☒ Fecha: 10/02/06
- ☒ Elementos de configuración revisados: Diseño
- ☒ Línea base a la que pertenecen: Diseño
- ☒ Resultado: Aprobada
- ☒ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ☒ Documentación de referencia:
  - I. Aceptación técnica del diseño
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ☒ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

## **ACTIVIDAD DSI-CAL 2: Revisión de la especificación técnica del plan de pruebas**

### **Tarea DSI-CAL 2.1: Revisión del Diseño de las Pruebas Unitarias, de Integración y del Sistema**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión del diseño de las pruebas**

Se deja constancia de que se ha comprobado que el diseño de las pruebas se encuentran dentro de las pautas establecidas en el plan de aseguramiento de la calidad.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión del diseño de las pruebas**
- ✘ Fecha: 7/02/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Plan de pruebas
  - II. Plan de aseguramiento de calidad
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **Tarea DSI-CAL 2.2: Revisión del Plan de Pruebas**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión del plan de pruebas**

Se deja constancia de que se ha verificado y revisado el plan de pruebas en cuanto a la aceptación e implantación del sistema.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión del plan de pruebas**
- ✘ Fecha: 16/02/06
- ✘ Resultado: Aprobada

- ☒ Comentarios: Se autoriza el paso a la próxima etapa del desarrollo.
- ☒ Documentación de referencia:
  - I. Plan de pruebas
  - II. Plan de aseguramiento de calidad
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad
- ☒ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **ACTIVIDAD DSI-CAL 3: Revisión de los requisitos de implantación**

#### **Tarea DSI-CAL 3.1: Revisión de los Requisitos de Documentación de Usuario**

##### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de los requisitos de documentación de usuario**

Se deja constancia de que se ha revisado y aprobado la modalidad determinada para definir las características de la documentación del sistema.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ☒ Título: **Auditoría – Revisión de los requisitos de documentación de usuario**
- ☒ Fecha: 15/02/06
- ☒ Resultado: Aprobada
- ☒ Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ☒ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa

#### **Tarea DSI-CAL 3.2: Revisión de los Requisitos de Implantación**

##### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de los requisitos de implantación**

Se deja constancia de que se han identificado y detallado los requisitos para la implantación del sistema.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión de requisitos de implantación**
- ✘ Fecha: 14/02/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Catálogo de requisitos
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

#### **ACTIVIDAD DSI-CAL 4: Registro de la aprobación del sistema de información**

##### **Tarea DSI-CAL 4.1: Registro de la Aprobación del Diseño del Sistema de Información**

###### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

###### **Registro de la aprobación del Diseño del Sistema de Información**

Se deja constancia de la aprobación del diseño del sistema de información.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión del diseño del sistema de información**
- ✘ Fecha: 14/02/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Elementos de configuración revisados: Diseño
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Diseño
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Documentación del diseño del sistema de información
  - II. Aprobación del diseño del sistema de información
  - III. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

###### **Construcción de sistema de información**

En este proceso el grupo de aseguramiento de calidad revisa los estándares de nomenclatura y normativa aplicada en la generación del código de componentes,

en la evaluación de los resultados de las pruebas, en los manuales de usuario y en el esquema de formación. Con respecto a las pruebas, se revisa que se han llevado a cabo las pruebas unitarias, de integración y del sistema según los criterios de selección de verificaciones y casos de prueba asociados que se habrán fijado en el plan de aseguramiento de calidad [Métrica versión 3].

## **ACTIVIDAD CSI-CAL 1: Revisión del código de componentes y procedimientos**

### **Tarea CSI-CAL 1.1: Revisión de Normas de Construcción**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión del código de componentes y procedimientos**

Se deja constancia de que se ha generado el código de los componentes y de los procedimientos de operación y seguridad de acuerdo con los criterios de nomenclatura y normativa vigentes en la organización y especificados en el proceso Diseño del Sistema de Información.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión del código**
- ✘ Fecha: 20/04/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Elementos de configuración revisados: LIB-IMG, LIB-ACN, LIB-CLS, MOD-IDN, SRC-SAP
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Producto software
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

## **ACTIVIDAD CSI-CAL 2: Revisión de las pruebas unitarias, de integración y del sistema**

### **Tarea CSI-CAL 2.1: Revisión de la Realización de las Pruebas Unitarias**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión de la realización de las pruebas unitarias**

Dado que se ha decidido no llevar un control formal de las pruebas unitarias se realiza una reunión entre la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend en donde se repasan las directivas contenidas en el manual de calidad al respecto y se ratifica su cumplimiento efectivo.

### **Tarea CSI-CAL 2.2: Revisión de la Realización de las Pruebas de Integración**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión de la realización de las pruebas de integración**

Dado que se ha decidido no llevar un control formal de las pruebas de integración se realiza una reunión entre la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend en donde se repasan las directivas contenidas en el manual de calidad al respecto y se ratifica su cumplimiento efectivo.

### **Tarea CSI-CAL 2.3: Revisión de la Realización de las Pruebas del Sistema**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión de la realización de las pruebas del sistema**

Se deja constancia de que se ha comprobado la correcta realización de las pruebas del sistema según los requerimientos expresados en el manual de calidad del sistema y sus referencias.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✧ Título: **Auditoría – Revisión de las pruebas del sistema (sistema de análisis y pruebas)**
- ✧ Fecha: 24/04/06
- ✧ Resultado: Aprobada
- ✧ Elementos de configuración revisados: SAP
- ✧ Línea base a la que pertenecen: Producto

- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.
  
- ✘ Título: **Auditoría – Revisión de las pruebas del sistema (módulo de identificación automática)**
- ✘ Fecha: 07/04/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Elementos de configuración revisados: IDN
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **ACTIVIDAD CSI-CAL 3: Revisión de los manuales de usuario**

#### **Tarea CSI-CAL 3.1: Revisión de los Manuales de Usuario**

##### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de los manuales de usuario**

Se deja constancia de que se ha comprobado la corrección y claridad de los manuales de usuario.

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Revisión de los manuales de usuario**
- ✘ Fecha: 27/04/06
- ✘ Resultado: Aprobada

- ☒ Elementos de configuración revisados: Manual
- ☒ Línea base a la que pertenecen: Producto
- ☒ Documentación de referencia:
  - I. Producto software
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ☒ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

#### **ACTIVIDAD CSI-CAL 4: Revisión de la Formación a Usuarios Finales**

##### **Tarea CSI-CAL 4.1: Revisión de la Formación a Usuarios Finales**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Revisión de la formación a usuarios finales**

No se ha considerado necesario realizar una formación de los usuarios finales por lo que resulta innecesaria la revisión.

#### **ACTIVIDAD CSI-CAL 5: Registro de la Aprobación del Sistema de Información**

##### **Tarea CSI-CAL 5.1: Registro de la Aprobación del Sistema de Información**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

##### **Registro de la aprobación del sistema de información**

En una reunión realizada entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Software Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend, se da por aprobado el sistema de información construido teniendo en cuenta los criterios establecidos en el plan de aseguramiento de calidad en cuanto al tipo de productos a entregar, contenido y normativa aplicada.

Se incluye a continuación el documento que formaliza la auditoría funcional realizada.

- ☒ Título: **Auditoría funcional**
- ☒ Fecha: 27/04/06
- ☒ Resultado: Aprobada
- ☒ Elementos de configuración revisados: IDN y SAP, Manual

- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **Implantación y aceptación del sistema**

El sistema de análisis y pruebas, para el cual se plantea la implantación se trata de una aplicación de escritorio que va a ser utilizada por usuarios expertos. Dado que se ha desarrollado además un instalador que automatiza el proceso y este ha sido revisado no se considera necesario tomar otras acciones de resguardo de la calidad en lo que a éste ítem se refiere, por lo que no se realizarán las actividades IAS-CAL 1 e IAS-CAL 2 [Métrica versión 3].

### **ACTIVIDAD IAS-CAL 3: Revisión de las pruebas de aceptación del sistema**

#### **Tarea IAS-CAL 3.1: Revisión de la Realización de las Pruebas de Aceptación del Sistema**

#### **Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión de la realización de las pruebas de aceptación**

Se deja constancia que las pruebas de aceptación se han llevado a cabo según la planificación oportunamente establecida

Se incluye a continuación el documento confeccionado en la auditoría realizada.

- ✘ Título: **Auditoría – Pruebas de aceptación por el usuario**
- ✘ Fecha: 05/07/06
- ✘ Resultado: Aprobada
- ✘ Elementos de configuración revisados: IDN, SAP y Manual
- ✘ Línea base a la que pertenecen: Producto
- ✘ Documentación de referencia:
  - I. Evaluación del resultado de las pruebas del sistema
  - II. Dossier de aseguramiento de calidad
- ✘ Responsable: Pablo Behrend, Alejandra Ochoa.

### **Tarea IAS-CAL 3.2: Registro de la Aprobación de las Pruebas de Aceptación del Sistema**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Registro de la aprobación de las pruebas de aceptación por el usuario**

En una reunión realizada en dependencias del ITBA el 05/03/06 entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se registra la aprobación de las pruebas de aceptación del sistema dado que se dan por cumplidas todas las condiciones establecidas a tal efecto.

### **ACTIVIDAD IAS–CAL 4: Revisión del plan de mantenimiento del sistema**

#### **Tarea IAS-CAL 4.1: Revisión del Plan de Mantenimiento del Sistema**

**Informe de salida: Dossier de aseguramiento de calidad**

#### **Revisión del plan de mantenimiento**

Se deja constancia que los productos requeridos para el mantenimiento se encuentran en poder del responsable de mismo y que éste asume el mantenimiento del sistema de información. Se comprueba así mismo que se ha formalizado el plan de mantenimiento para al sistema de información.

### **ACTIVIDAD IAS–CAL 5: Registro de la aprobación de la implantación del sistema**

#### **Tarea IAS-CAL 5.1: Registro de la Aprobación de la Implantación del Sistema**

En una reunión realizada en dependencias del ITBA el 04/05/06 entre el Dr. Ramón García Martínez, la M. Ing. Alejandra Ochoa y el Lic. Pablo Behrend se registra la aprobación de la implantación del sistema dado que se dan por cumplidas todas las condiciones establecidas a tal efecto.

#### **Mantenimiento de sistema de información**

No se documenta esta fase del aseguramiento de la calidad por encontrarse fuera del período del ciclo de vida del sistema documentado en esta tesis.

## **Seguridad**

Se ha decidido no desarrollar esta interfaz principalmente por la suma de razones que se enumeran a continuación:

- ✘ Los requisitos funcionales del sistema no incluyen temas relacionados con la seguridad, no es necesario implementar mecanismos de control, restricción o auditoría de accesos.
- ✘ El entorno de ejecución de las soluciones implementadas incluyen ya severas medidas de seguridad a cargo de un grupo de expertos, por lo que no se requiere la evaluación de riesgos en los mismos ni implementación alguna ya que los mismos se encuentran operativos.
- ✘ El proceso de desarrollo se realiza en un marco acotado en cuanto a recursos humanos y materiales y se evalúa innecesario realizar inversiones en aspectos de seguridad, dado que se espera que el costo de las mismas supere sus posibles beneficios.

## Capítulo 5 - ESTUDIO DE CASOS

En esta capítulo se comprueba la utilidad del algoritmo propuesto, del módulo de identificación automática que lo aplica y del sistema de análisis y pruebas desarrollado. Se describe un ejemplo para el procesamiento automático de una marca sobre una superficie torneada (Sección 5.1), un ejemplo de entrenamiento de una red neuronal (Sección 5.2), un ejemplo de identificación de caracteres individuales (sección 5.3) y un ejemplo de identificación automática de marcas (sección 5.4)

### 5.1 - Caso 1. Procesamiento de una marca sobre superficie torneada

En este caso se muestra como puede utilizarse el sistema para seleccionar el procesamiento a aplicar a una imagen correspondiente a un tubo cuya superficie fue torneada.

Para comenzar se ejecuta la aplicación y se selecciona la imagen a procesar según se muestra en la Figura Exp 1

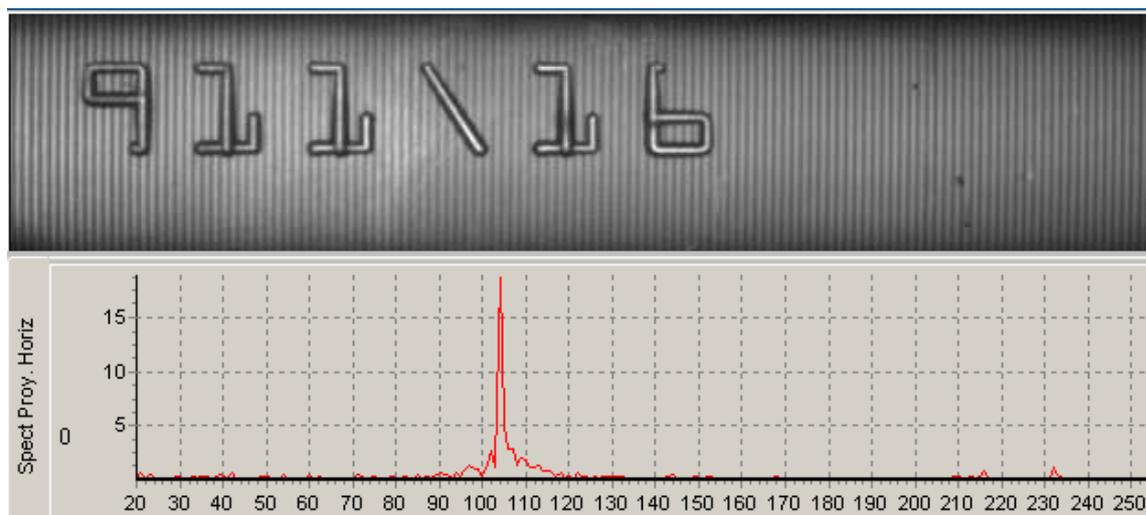


Figura Exp 1

Imagen seleccionada en la aplicación de análisis y pruebas

Se observa que el espectro de la señal está claramente dominada por un pico cuya frecuencia ronda el valor 104.

Para eliminar este ruido en la imagen (producido por el torneado de la superficie) se decide aplicar un filtro notch. Se selecciona entonces en el menú de la aplicación debajo de la opción Procesamiento la opción Secuencia de procesamiento según se muestra en la Figura Exp 2.

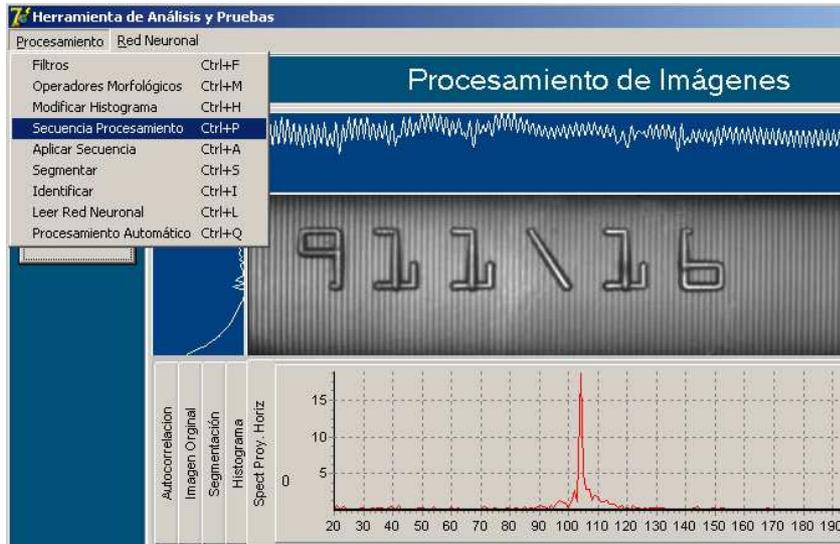


Figura Exp 2

Selección de la secuencia de procesamiento

El sistema muestra entonces la ventana que permite seleccionar la secuencia deseada según se muestra en la Figura Exp 3

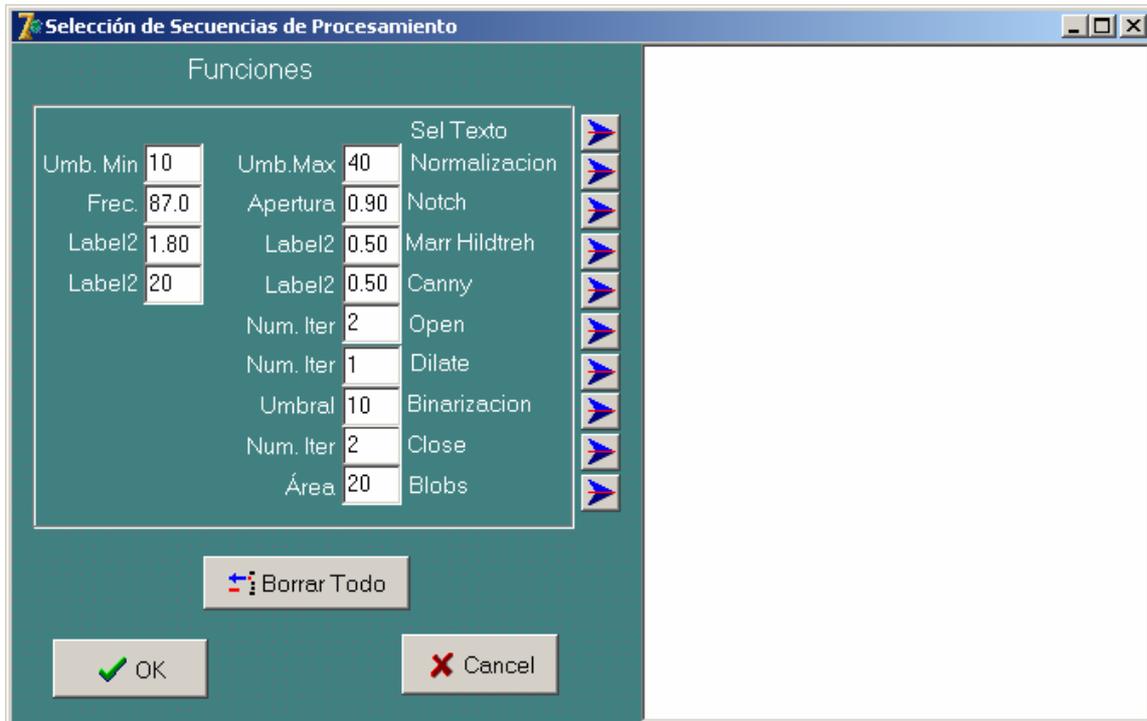
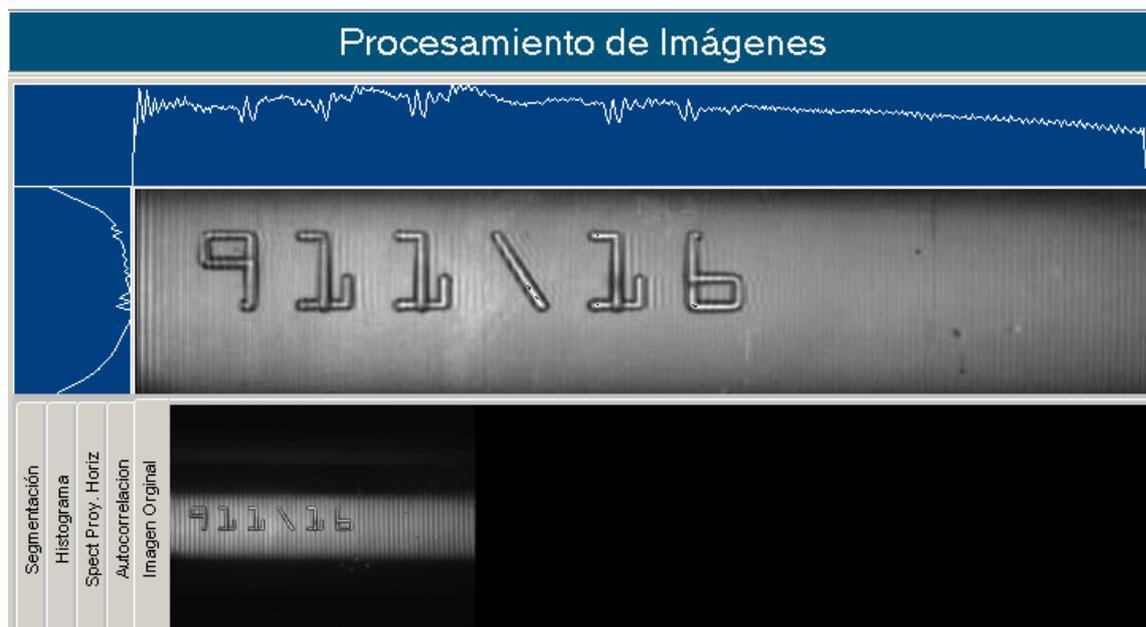


Figura Exp 3

Ventana de selección de la secuencia de procesamiento

Se selecciona en esta ventana la opción de seleccionar texto y el filtro notch para la frecuencia 104 y apertura 0.90.

Se selecciona a continuación la opción del menú que permite aplicar la secuencia de procesamiento seleccionada a la imagen obteniéndose el resultado que se muestra en la Figura Exp 4



**Figura Exp 4**

Imagen original (parte inferior) imagen con texto seleccionado y filtro notch

Se observa claramente el efecto del filtro que eliminó el ruido de carácter periódico.

Se prueba a continuación el efecto de la detección de bordes, primero el Marr Hildreth y posteriormente el de Canny. Para esto se repite la operación que permite seleccionar la secuencia de procesamiento a aplicar según se explicó anteriormente en la que el sistema muestra la ventana que se muestra en la Figura Exp 3.

En la Figura Exp 5 se muestra el resultado de la aplicación del detector de bordes de Marr Hildreth y en la Figura Exp 6 el de Canny con los parámetros mostrados en la Figura Exp 3. Se observa que la aplicación muestra en ambos casos, la imagen original y el resultado del procesamiento.



Figura Exp 5

Resultado del detector de bordes de Marr Hildreth



Figura Exp 6

Resultado del detector de bordes de Canny

Dado que el resultado obtenido con el detector de Marr Hildreth tiene una mejor relación señal ruido se descarta la utilización del detector de bordes de Canny.

A continuación se decide eliminar las pequeñas burbujas blancas presentes en la imagen. Para esto se agrega a la secuencia de procesamiento un filtro eliminador

de blobs con área 20 (se sigue nuevamente los pasos descritos para seleccionar la secuencia de procesamiento, agregando el nuevo filtrado). Se selecciona la opción de aplicar la secuencia de procesamiento en el menú según ya se describió mostrando entonces la aplicación el resultado según se muestra en

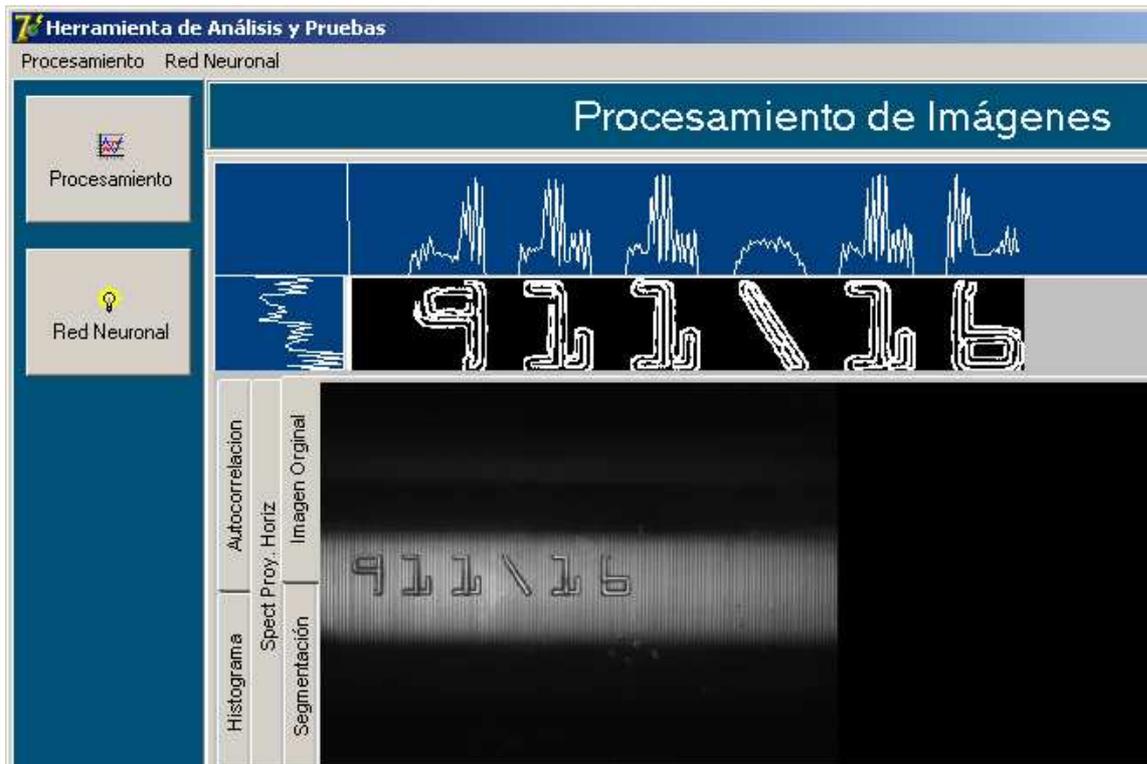


**Figura Exp 7**

Resultado de la aplicación de un filtro que elimina blobs con parámetro 20.

Se observa claramente como se ha eliminado la mayor parte del ruido y puede ahora discriminarse claramente los caracteres individualmente. Esto se pone de manifiesto en las proyecciones verticales y horizontales que delimitan claramente los caracteres.

Para acotar el procesamiento a seguir a continuación se agrega a la secuencia de procesamiento en curso la selección de la zona de interés nuevamente obteniéndose la imagen mostrada en la Figura Exp 8



**Figura Exp 8**

Reducción de la zona analizada en la imagen

Se observa en la Figura Exp 8 obtenida de la ventana principal de la aplicación que las proyecciones horizontal y vertical permiten identificar claramente los caracteres individualmente. Por este motivo se selecciona en el menú de la aplicación la opción Segmentar que se ubica debajo del ítem procesamiento. Se presiona a continuación en forma conjunta la combinación de teclas CTRL Y A con lo cual la aplicación ejecuta el procesamiento definido y segmenta además los caracteres obteniéndose el resultado que se muestra en Figura Exp 9.

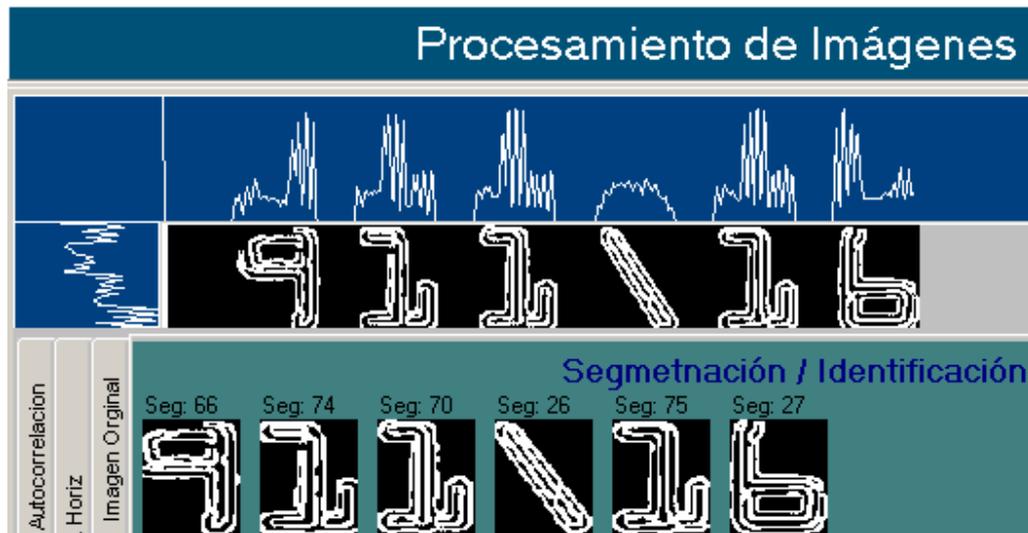


Figura Exp 9

#### Resultado de la segmentación

Se observa que la segmentación se realizó con todo éxito, sin embargo dado para el procesamiento seleccionado los caracteres presentan zonas negras en su interior la calidad de todo el proceso de acondicionamiento y segmentación no es del todo bueno debido a que los patrones usados para comparar tienen caracteres llenos.

Finalmente se decide proceder a clasificar los caracteres así acondicionados y segmentados. Para esto se selecciona la opción identificar debajo del ítem procesamiento en el menú de la aplicación mostrándose el resultado en la Figura Exp 10.

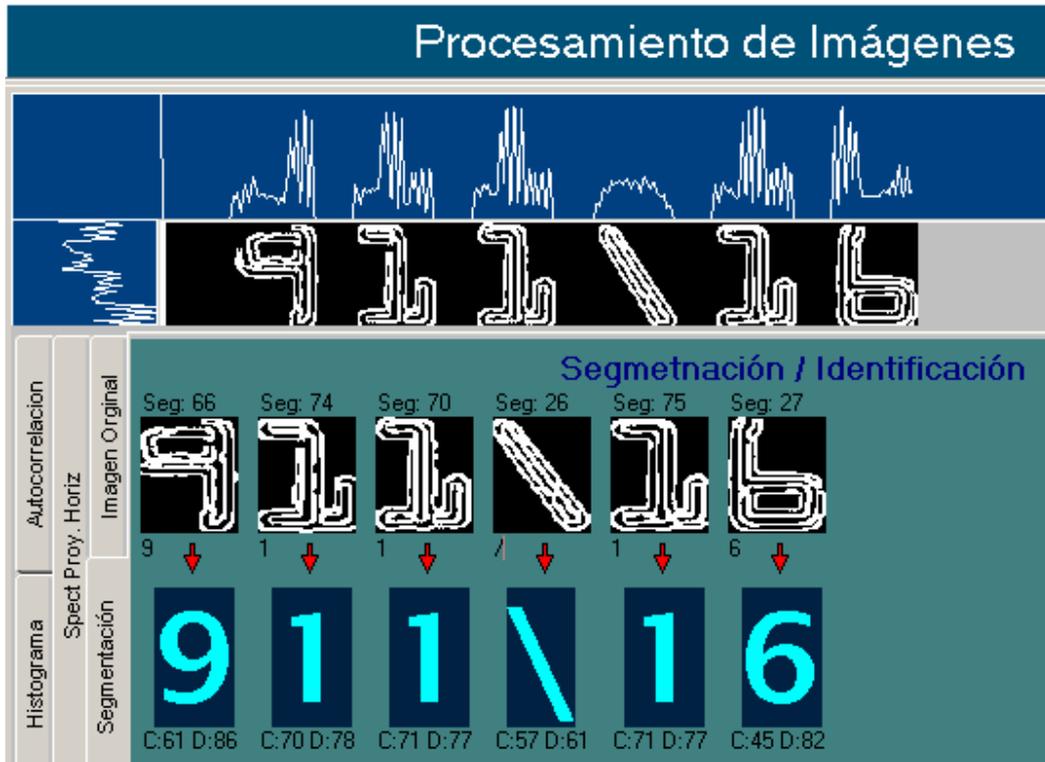


Figura Exp 10

Resultado de la clasificación de caracteres

Este caso ejemplifica el uso del sistema para seleccionar paso a paso el procesamiento de la imagen de una marca hasta obtener su identificación. Puede observarse como siempre es posible observar la imagen antes y después de ser procesada y resulta extremadamente sencillo modificar la secuencia de procesamiento así como también observar los resultados de su aplicación. Por otro lado se ha utilizado en este ejemplo una de las herramientas provistas para la determinación del procesamiento correcto como lo es el cálculo del espectro de la proyección horizontal y las proyecciones sobre los ejes verticales y horizontales.

## 5.2 - Caso 2. Entrenamiento de una red neuronal

En este caso se ejemplifica el uso de la herramienta de análisis y pruebas para entrenar una red neuronal.

En la Figura Exp 11 se muestra la ventana de la aplicación que permite crear y entrenar una red neuronal, la misma se encuentra accesible presionando botón cuya leyenda es "Red neuronal" en la margen izquierda de la ventana principal de la aplicación (Figura Exp 11).



Figura Exp 11

Ventana con facilidades para entrenar una red neuronal.

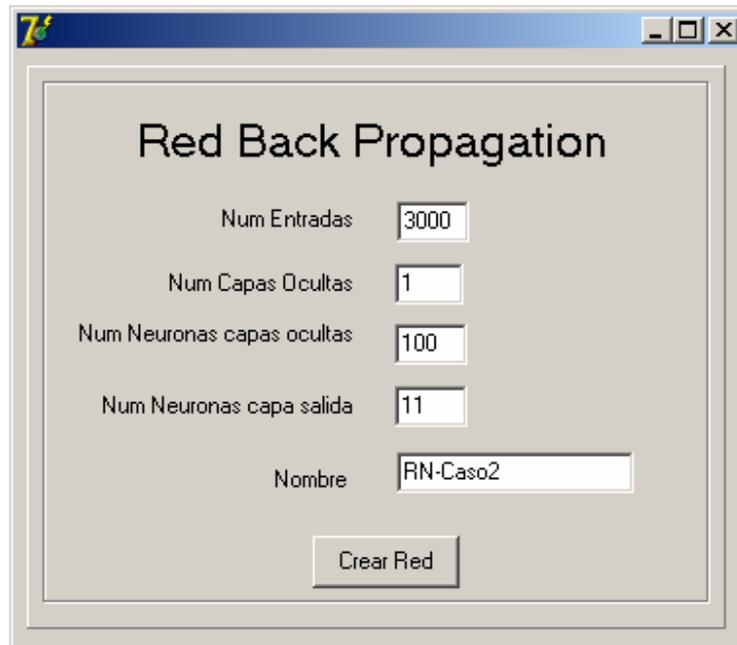
El primer paso consiste en crear la red neuronal. Para esto se selecciona la opción crear que se observa al desplegarse el menú debajo de la opción Red Neuronal en el menú principal de la aplicación.



Figura Exp 12

Menú de la aplicación para manejo de un red neuronal

La aplicación muestra entonces la ventana que se muestra en la Figura Exp 13

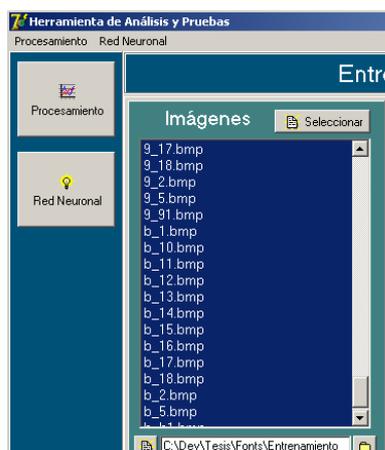


**Figura Exp 13**

Definición de las características de una red neuronal

Se ingresan los parámetros de la red según se muestra en la Figura Exp 13

A continuación se seleccionan las imágenes a utilizar para el entrenamiento presionando el botón seleccionar según se muestra en la Figura Exp 14 (puede seleccionarse la carpeta utilizando el editor que se encuentra en la parte inferior y seleccionarse solo un subconjunto de los archivos). Cada caso (archivo) tiene en la primer letra de su nombre codificado el carácter que contiene.



**Figura Exp 14**

Selección de casos de entrenamiento

Se selecciona a continuación la opción entrenar dentro del ítem Red Neuronal en el menú de la aplicación. La aplicación entonces comienza el entrenamiento observándose en la pantalla que el led indicador a la izquierda del texto entrenamiento se pone de color rojo según se muestra en la Figura Exp 15

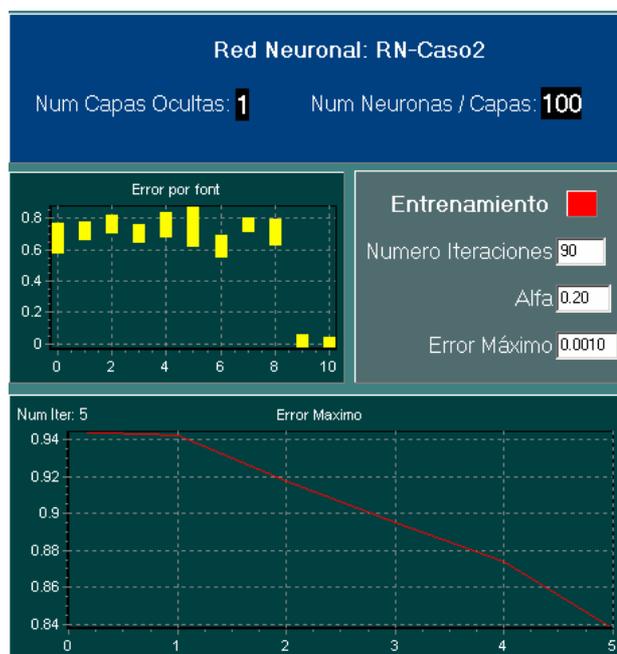


Figura Exp 15

#### Entrenamiento de una red neuronal

Esta ventana muestra también un gráfico cuyo título es Error por font que permite visualizar para cada carácter el rango de errores que se obtuvieron en el último ciclo de entrenamiento y otro cuyo título es Error máximo que muestra el error máximo obtenido al entrenar cualquier caracter en el mismo ciclo.

En cada ciclo de entrenamiento se procesan todos los casos una vez. En la medida que el entrenamiento avanza los gráficos van evolucionando hasta que se alcanza el número máximo de iteraciones o el error máximo se encuentra por debajo de la cota según se muestra en la Figura Exp 15

Una vez que ha finalizado el entrenamiento la red neuronal obtenida se guarda en forma persistente en un archivo. Para esto se selecciona el ítem guardar red neuronal dentro de la opción red neuronal del menú de la aplicación. La aplicación muestra entonces la ventana que se muestra en Figura Exp 16 que permite seleccionar la carpeta y nombre del archivo deseado.

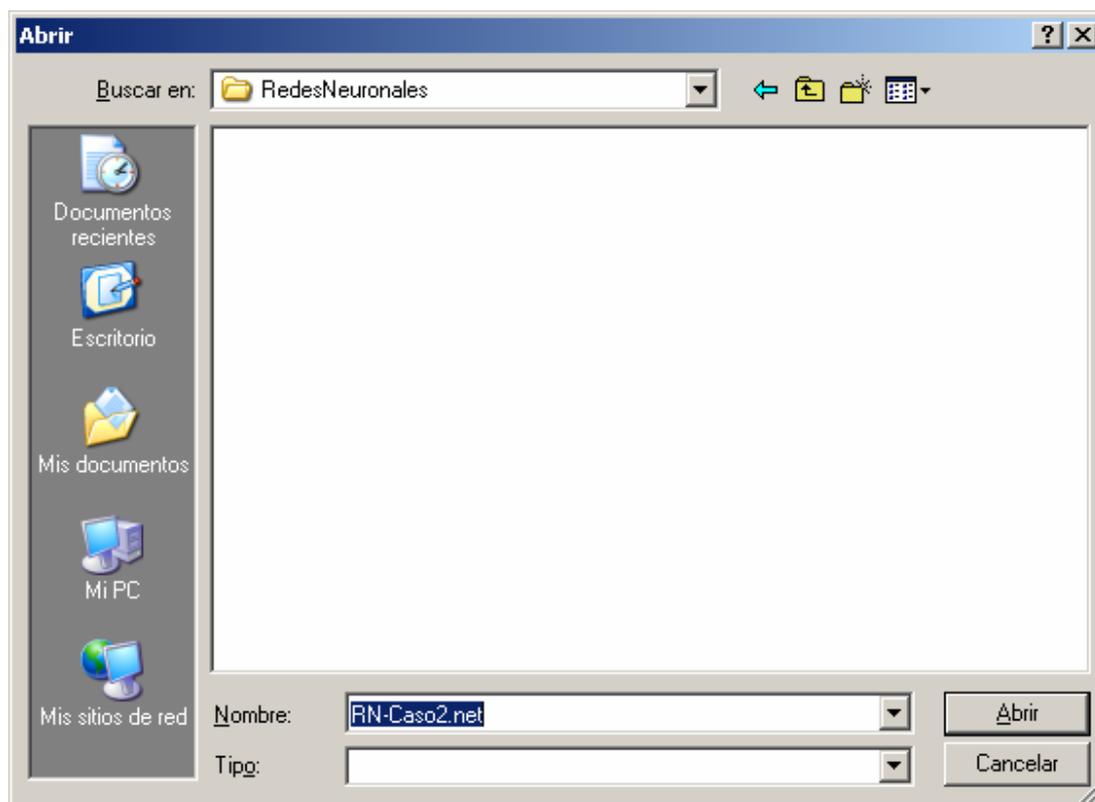


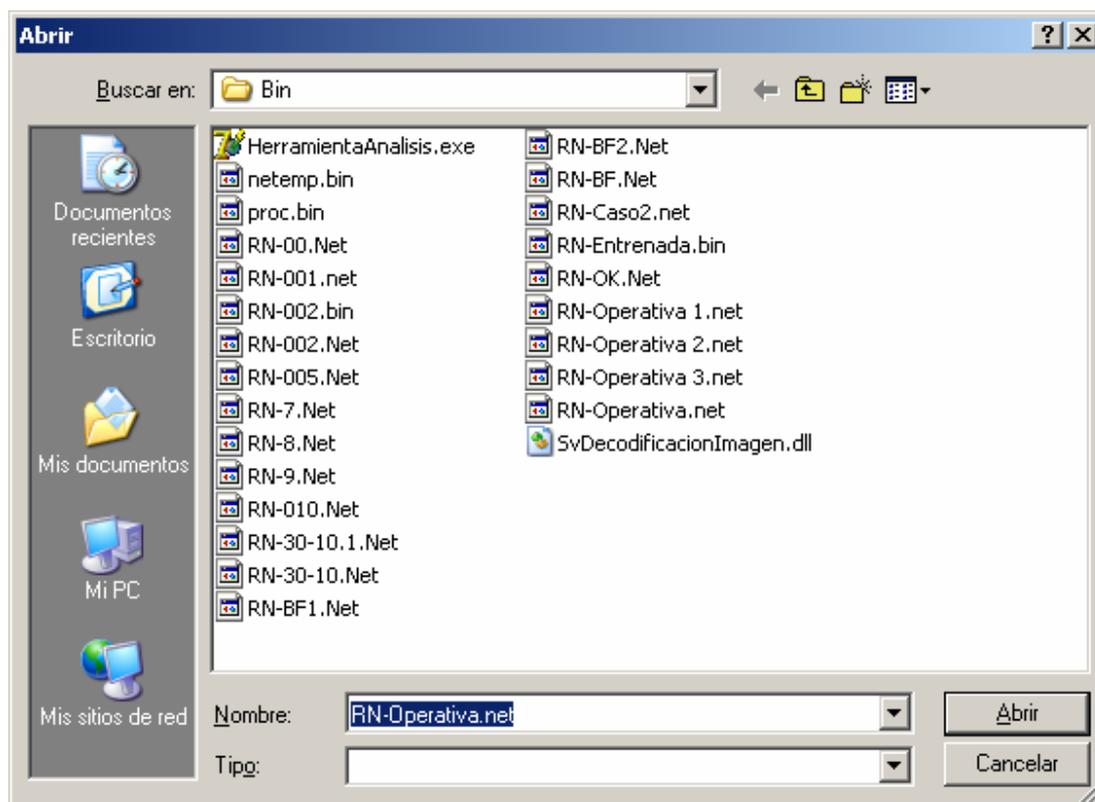
Figura Exp 16

Ventana para guardar una red neuronal

### 5.3 - Caso 3. Identificación de caracteres individuales

En este caso se ejemplifica el uso de la herramienta de análisis y pruebas para clasificar caracteres individuales utilizando una red neuronal previamente entrenada.

Para comenzar se lee la red neuronal de un archivo. Esto se realiza desde la opción leer red neuronal que se encuentra en el ítem Red Neuronal del menú de la aplicación. El sistema muestra a continuación la siguiente ventana

**Figura Exp 17**

Ventana de selección de una red neuronal

Una vez seleccionada la red a utilizar el sistema muestra sus características en la ventana principal de la aplicación.

Se procede a continuación a seleccionar los archivos con las imágenes a procesar. Para esto se selecciona primero la carpeta utilizando el botón que se encuentra debajo de la lista de archivos (Figura Exp 18). Una vez seleccionada la carpeta el sistema muestra la lista de archivos contenidos en ella.

Se debe revisar que se encuentre marcado el selector con leyenda clasificar (Figura Exp 18) y el sistema mostrará la clasificación realizada cada vez que se cambie la imagen seleccionada en la lista

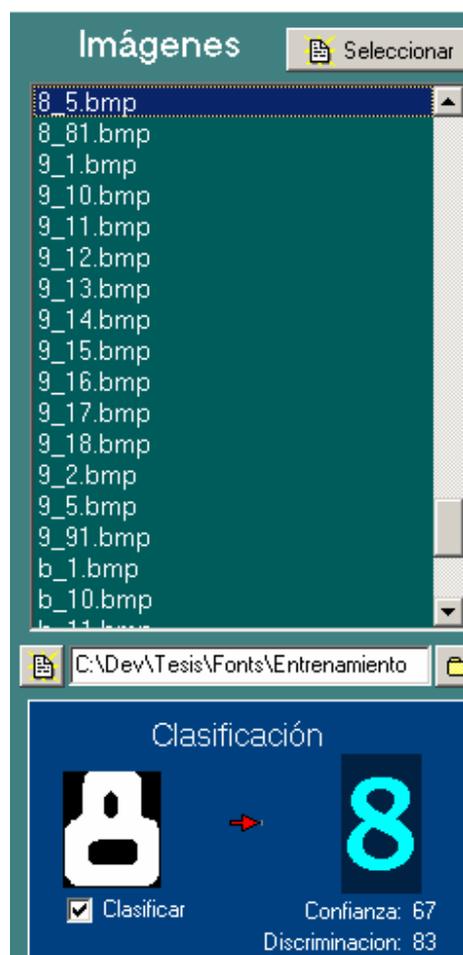


Figura Exp 18

Clasificación de caracteres individuales

#### 5.4 - Caso 4. Identificación automática de marcas

En este caso se ejemplifica el uso del módulo de identificación automática invocado por la herramienta de análisis y pruebas para identificar en forma automática las marcas contenidas en imágenes guardadas en archivos. Con este fin el sistema invoca un módulo externo que procesa la imagen, que en este caso es el módulo de identificación automática.

En primer lugar se selecciona en el menú de la aplicación la opción que permite seleccionar el procesamiento a aplicar (Figura Exp 2), la aplicación muestra entonces la ventana que se muestra en la Figura Exp 3 y no se selecciona en la misma ninguna función de procesamiento (quedando una secuencia nula).

A continuación se selecciona en el menú de la aplicación (Figura Exp 2) la opción Procesamiento Automático, la que indica Segmentar y la que indica Identificar. El

resultado de estas selecciones consiste en que la herramienta no realiza acondicionamiento de la imagen por sí, sino que invoca a un módulo externo para realizar esta tarea (en este caso el módulo externo implementa la funcionalidad definida para el módulo de identificación automática de tubos). Finalmente se selecciona la carpeta conteniendo las imágenes a procesar (ver Figura Exp 19).

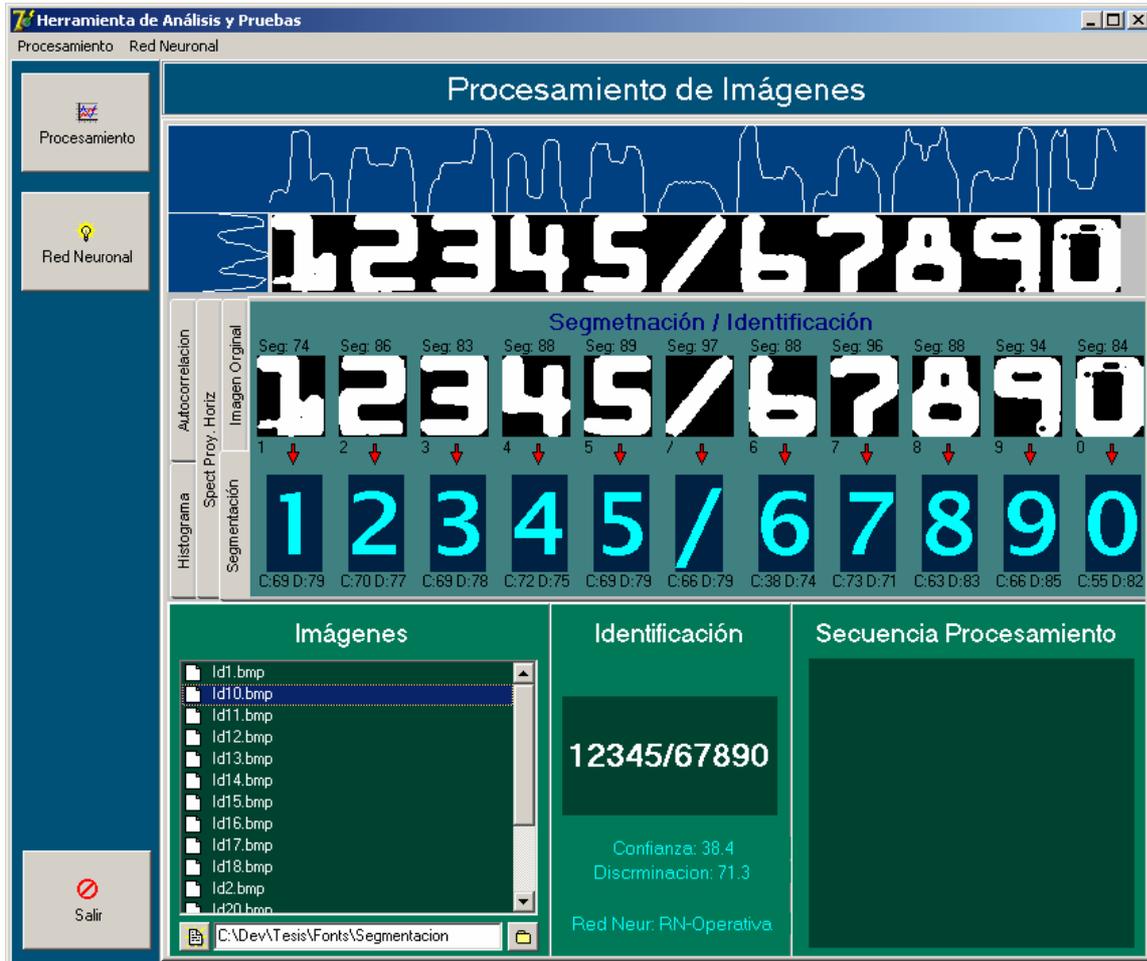


Figura Exp 19

### Procesamiento automático de imágenes

Para observar el resultado de la identificación automática se selecciona un archivo en la sección inferior izquierda. El sistema mostrará automáticamente el resultado del acondicionamiento en la parte superior, el resultado de la segmentación y clasificación en la sección media de la ventana y el resultado final de la identificación automática de la marca en la sección media inferior.

Cambiando el archivo seleccionado se modificará todo el resultado como se muestra en la Figura Exp 20

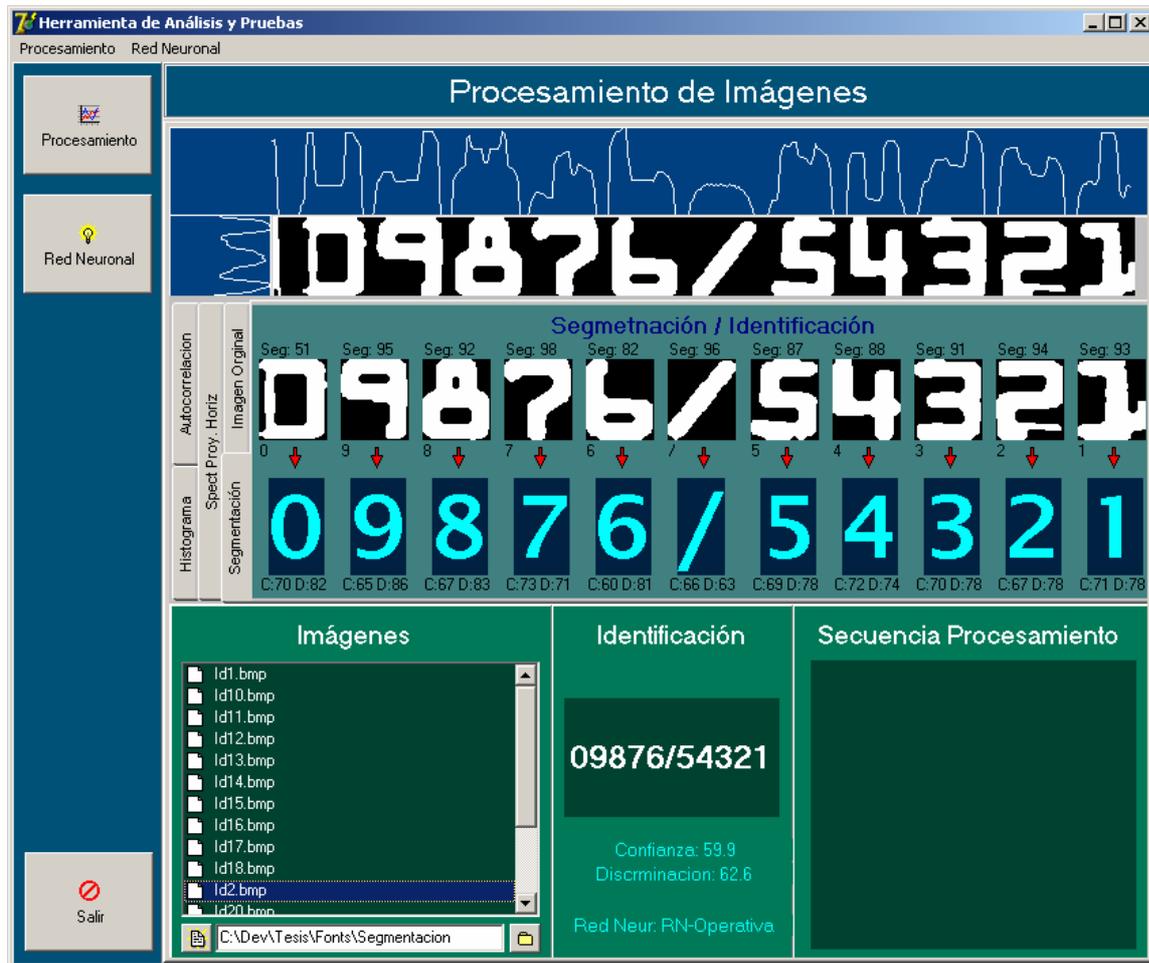


Figura Exp 20

Procesamiento automático de imágenes

## Capítulo 6 - CONCLUSIONES

En este capítulo se expresan las conclusiones a las que se ha arribado en este trabajo de tesis. Las consideraciones expuestas incluyen en la sección 6.1 la evaluación de los resultados de la solución propuesta y consideraciones sobre el proceso de desarrollo siguiendo la mitología Métrica versión 3. En la sección 6.2 se da cuenta de posibles futuras líneas de investigación en las cuales este trabajo puede continuarse.

### 6.1 - Conclusiones generales

El problema de identificar en forma automática tubos de acero, es en la actualidad una necesidad que reviste gran interés en la industria y que sin embargo hasta el momento, no cuenta con una solución completa y exitosa.

Esta tesis se enmarca en un proyecto que aborda esta cuestión a través de la interpretación de fotografías de marcas fresadas sobre la superficie de los tubos.

En este contexto, se ha propuesto un algoritmo matemático capaz de tratar en forma consistente imágenes con características muy diversas dentro del entorno industrial planteado y se ha implementado una solución software que provee esta funcionalidad como un servicio para otros sistemas de planta a través de una interfaz estándar.

Para llevar adelante esta investigación se encontró necesario desarrollar una herramienta de análisis de tipo genérico que permita realizar pruebas de procesamiento sobre imágenes guardadas en archivos, quedando esta herramienta disponible para ser utilizada más allá del dominio propio de interés en esta tesis.

La solución general propuesta para identificar la marca de un tubo en una imagen consta de los siguientes fases:

1. Identificación la zona marcada en la fotografía.
2. Análisis de la imagen => definición del acondicionamiento
3. Acondicionamiento de la imagen (control de la relación señal / ruido, estandarización).
4. Segmentación de caracteres.
5. Identificación de caracteres (clasificación)
6. Composición de la identificación de la marca.

La implementación desarrollada expone sus servicios a través de interfaces COM (Common Object Model).

La herramienta de análisis y pruebas construida permite aplicar una secuencia de funciones de procesamiento genérica sobre un conjunto de imágenes y visualizar el resultado en forma gráfica, permitiendo además segmentar y clasificar los caracteres así obtenidos utilizando una red neuronal, la cual a su vez, puede ser construida y entrenada dentro del marco del sistema mismo.

Se buscó producir una interfaz gráfica amigable que condense gran cantidad de información útil para el usuario y la muestre en forma clara y ordenada.

Desde el punto de vista del proceso de desarrollo de software y dado que esta tesis se enmarca en una maestría en ingeniería de software, resulta interesante analizar la experiencia, costos y beneficios de la utilización de Métrica versión 3 como metodología de desarrollo para el problema planteado, teniendo en cuenta que el mismo involucra una necesidad de tipo técnico / científico.

En primer lugar la experiencia recogida en esta tesis corrobora el hecho de que la consecución de una metodología de desarrollo brinda un grado de control sobre los proyectos realizados que difícilmente pueda alcanzarse de otro modo.

Este control es vital tanto para asignar correctamente los recursos disponibles, para dirigirlos correctamente hacia los objetivos prioritarios, para evitar los riesgos más perjudiciales y para medir el grado de éxito alcanzado en estos objetivos.

La adaptación de la metodología Métrica 3 durante el trabajo realizado en esta tesis a los proyectos abordados ha sido simple e intuitiva, habiendo servido de guía durante todo el proceso de desarrollo. Fundamentalmente ha dejado claro que actividades se han seguido exhaustivamente y cuales no y por lo tanto, ha forzado la reflexión sobre estos temas y sobre la forma en que se administran los recursos, priorizan los objetivos y asumen los riesgos.

Es frecuente en el ámbito técnico / científico el abordaje de proyectos de desarrollo con el acento puesto marcadamente en los algoritmos en desmedro de otros factores ingenieriles presentes en la construcción de sistemas software. Esto ocurre en muchos casos por la formación profesional de los recursos disponibles en este tipo de ámbitos. Sin embargo resulta claro desde el comienzo, que los costos extra asociados con este tipo de aproximación son grandes y lo que es peor, difíciles de cuantificar a priori.

Los beneficios enunciados, que se considera fueron alcanzados en este trabajo de tesis, tienen sin embargo un costo. La metodología se base fuertemente en la documentación formal de las salidas de todas las tareas realizadas. Esta exigencia, que es un punto fuerte de la misma desde el punto de vista del control que se obtiene durante todo el ciclo de vida del software, implica sin embargo la asignación de recursos (personal y tiempo) a estas tareas, lo cual en proyectos pequeños puede significar una carga extra difícil de asimilar. En este sentido, un punto a favor la utilización de Métrica 3 radica en la libertad que la metodología brinda de seleccionar las tareas que se considera relevante realizar para cada proyecto particular, existiendo de todas formas un conjunto mínimo de

documentación sin la cual resulta imposible acometer cualquier proyecto de desarrollo en tiempo, forma y dentro del presupuesto disponible (aunque en la práctica, aún hoy se desarrollan soluciones en empresas de primer nivel internacional sin siquiera una especificación formal de requisitos).

Finalmente se destaca que las singularidades del proyecto acometido solo han incidido en la utilización de Métrica 3, en la importancia relativa de algunas actividades respecto de otras, lo cual se encuentra dentro de lo esperado en cualquier proceso de desarrollo.

## **6.2 - Futuras Líneas de investigación**

Se incluyen a continuación como futuras líneas de trabajo dos clases diferentes de propuestas:

### **6.2.1 - Propuestas de desarrollo de software**

Desde el punto de vista de los desarrollos de software realizados se plantean las siguientes mejoras futuras.

- La implementación del sistema de identificación automática como servicio Web. De esta forma podría independizarse el servicio ofrecido del sistema operativo del cliente y además su implementación podría centralizarse de forma de hacer más fácil su mantenimiento.
- El agregado de un mayor número de funciones de procesamiento a la herramienta de análisis y pruebas

### **6.2.2 - Propuestas de investigación algorítmica**

La clasificación realizada a través de redes neuronales a sido exitosa, pero se considera posible extender su robustez utilizando otro tipo de técnicas como

- Segmentación usando cadenas ocultas de Markov
- Clasificación usando Neuro Fuzzy Logic
- Clasificación utilizando árboles binarios

## Capítulo 7 - BIBLIOGRAFÍA

En este capítulo se listan las referencias bibliográficas citadas en esta tesis.

Bishop C. 1995. Neural Networks for Pattern Recognition. 482 páginas. Editorial Oxford University Press. ISBN 0198538642.

Canny J. 1996. "A computational approach to edge detection", IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence. Vol 8, No 16, pag 679-698, Nov. 1986.

Fairfield Seamless Manufacturing Process.  
<http://www.usstubular.com/facilities/splpffal.htm>. Página vigente al 07/06

Flash 2001. Flash. Edición 37. Pag 2. Editor Tenaris.

Flash 2002a. Flash. Edición 43. Pag 1. Editor Tenaris.

Flash 2002b. Flash. Edición 44. Pag 2. Editor Tenaris.

Flash 2003. Flash. Edición 54. Pag 3. Editor Tenaris.

Flash 2004. Flash. Edición 63. Pag 2. Editor Tenaris.

Flash 2005a. Flash. Edición 68. Pag 3. Editor Tenaris.

Flash2005b. Flash. Edición 70. Pag 2. Editor Tenaris.

Foerstergroup, Non Destructive Testing Equipment  
<http://www.foerstergroup.com/NDT/index.html>. página vigente al 07/06

Gonzalez R. & Woods R. 2002. Digital Image Processing. 780 páginas. Editorial Prentice Hall. ISBN 0-201-18075-8

Govindan V.K. & Shivaprasad A.P. 1990. Pattern Recognition (Character recognition, a review), vol. 23, no. 7, pag 671-683, 199

Hopfield, J. 1982. Neural networks and physical systems with emergent collective computational properties. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. Vol 79 pag 2554 – 2588.

Haykin Simon. 1998. Neural Networks. 842 páginas. Editorial Prentice Hall PTR. ISBN:0132733501

Image Processing Fundamentals. Young I.T., Gerbrands J.J., Van Vliet L.J.  
<http://www.ph.tn.tudelft.nl/Courses/FIP/noframes/fip.html>. Página vigente al 07/06

Kohonen T. 2001. Self-Organizing Maps, Springer Series in Information Sciences. Vol. 30. 501 páginas. Editorial: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 3-540-67921-9, ISSN 0720-678X

Mannesman Steel tube and pipe manufacturing processes  
[http://www.mrw.de/downloads/stahlrohre\\_engl.pdf](http://www.mrw.de/downloads/stahlrohre_engl.pdf). Página vigente al 07/06

Marr & Ellen Hildreth. 1980. Theory of edge detection. Proc. R. Soc. London, B207, pag 187-217

Métrica versión 3 <http://www.csi.map.es/csi/metrica3>. Página vigente al 07/06

Métrica versión 3 - Técnicas <http://www.csi.map.es/csi/metrica3/tecnicas.pdf>.  
Página vigente al 07/06

Michalski R y Kodratoff Y. 1990. Machine Learning: An Artificial Intelligence Approach. 825 páginas. Editorial Morgan Kaufmann Publishers Inc. ISBN:0-934613-09-5.

Pal N.R. & Pal S.K.1993. Pattern Recognition (A review on image segmentation techniques), vol. 26, no. 9, pag. 1277-1294.

Process automation and control  
[http://www.steellinks.com/pages/Automation\\_and\\_Control/Process\\_automation\\_control\\_and\\_simulation/index.html](http://www.steellinks.com/pages/Automation_and_Control/Process_automation_control_and_simulation/index.html),  
[http://www.steellinks.com/pages/Tube\\_Mills/Seamless/more2.html](http://www.steellinks.com/pages/Tube_Mills/Seamless/more2.html). Página vigente al 07/06

RdTech - Non Destructive Testing Solutions.  
<http://www.rd-tech.com/quickscanut.html>. Página vigente al 03/06

Ripley B. 1996. Pattern Recognition and Neural Networks. 415 páginas. Editorial Cambridge University Press. ISBN: 0521460867.

Robotic Pipe and Tube Handling System  
[http://www.tubenet.org.uk/technical/jcd\\_m.html](http://www.tubenet.org.uk/technical/jcd_m.html). Página vigente al 07/06

Tenaris News. <http://www.tenaris.com/en/NewsMedia/InTheMedia.asp>. Página vigente al 07/06

Tenaris Production Process.  
[http://www.tenaris.com/en/AboutUs/Prod\\_Proc.asp](http://www.tenaris.com/en/AboutUs/Prod_Proc.asp).Página vigente al 07/06

Timken Innovation  
[http://www.timken.com/innovation/partnerships/partnerships\\_laser.asp](http://www.timken.com/innovation/partnerships/partnerships_laser.asp). Página vigente al 07/06

Tube and Pipe production issues

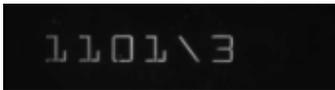
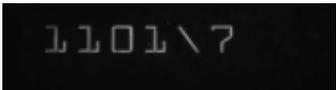
[.http://www.tubenet.org.uk/technical.shtml#production](http://www.tubenet.org.uk/technical.shtml#production). Página vigente al 07/06

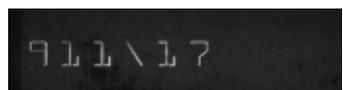
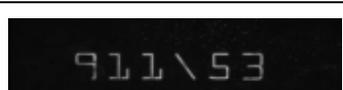
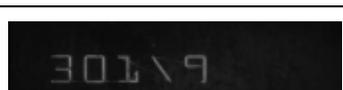
Unicorn Seamless Pipe Testing. <http://www.unicorn-automation.co.uk/article7.htm>.Página vigente al 07/06

## Anexos

### Anexo A: Casos de prueba

El resultado de la evaluación de cada caso de prueba es el número que contiene la imagen.

		
Caso 1	Caso 2	Caso 3
		
Caso 4	Caso 5	Caso 6
		
Caso 7	Caso 8	Caso 9
		
Caso 10	Caso 11	Caso 12
		
Caso 13	Caso 14	Caso 15
		
Caso 16	Caso 17	Caso 18
		
Caso 19	Caso 20	Caso 21
		
Caso 22	Caso 23	Caso 24

 Caso 25	 Caso 26	 Caso 27
 Caso 28	 Caso 29	 Caso 30
 Caso 31	 Caso 32	 Caso 33
 Caso 34	 Caso 35	 Caso 36
 Caso 37	 Caso 38	 Caso 39
 Caso 40	 Caso 41	 Caso 42
 Caso 43	 Caso 44	 Caso 45
 Caso 46	 Caso 47	 Caso 48
 Caso 49	 Caso 50	 Caso 51
 Caso 52	 Caso 53	 Caso 54

 <p>Caso 55</p>	 <p>Caso 56</p>	 <p>Caso 57</p>
 <p>Caso 58</p>	 <p>Caso 59</p>	 <p>Caso 60</p>

### Anexo B: Imágenes para entrenamiento de la red neuronal

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9	Caso 10

## Anexo C: Interfaz Módulo de detección automática

El módulo de detección automática (objeto COM) deberá respetar la siguiente especificación de interfaces en su librería de tipos (Type Library)

```
SvDecodificacionImagenMajorVersion = 1;
```

```
SvDecodificacionImagenMinorVersion = 0;
```

```
LIBID_SvDecodificacionImagen: TGUID = '{E63DE32B-4202-44AB-A202-56CE05D434E0}';
```

```
IID_IDecodificalmagen: TGUID = '{40A90C45-86D1-43B3-A528-01DB050F4E83}';
```

```
CLASS_Decodificalmagen: TGUID = '{162FC9D1-2EC4-47C7-8778-62F7F4BA0C13}';
```

```
IDecodificalmagen = interface(IDispatch)
```

```
['{40A90C45-86D1-43B3-A528-01DB050F4E83}']
```

```
procedure Inicializar(const ArchivoCfg: WideString);
```

```
procedure Finalizar;
```

```
procedure ProcesarImagen(Picture: LongWord; out Id: WideString; out Confiabilidad: Double);
```

```
end
```

## **Anexo D: Staffing Size**

Se describe en este anexo la técnica de estimación Staffing Size [Métrica versión 3 - Técnicas].

Staffing Size es un conjunto de métricas para estimar el número de personas necesarias en un desarrollo Orientación a Objetos así como también para determinar el tiempo de su participación en el mismo.

### **Número medio de personas por día y por clase**

El esfuerzo medio empleado en el desarrollo de una única clase es un indicador natural de la cantidad de trabajo requerido en un proyecto cuando este se realiza siguiendo metodologías orientadas a objetos. Esto supone contar con una estimación previa del número de clases a desarrollar.

Hay una serie de aspectos que influyen directamente en la estimación del esfuerzo por clase necesario para un desarrollo:

- ✘ El número de clases clave y clases secundarias existentes en el modelo.
- ✘ El lenguaje de programación utilizado.

### **Factores importantes**

- ✘ Las clases de interfaz versus resto de clases del modelo: Las clases de interfaz de usuario suelen tener muchos más métodos y son menos estables en memoria que las propias del modelo de clases.
- ✘ Clases abstractas versus a clases concretas: El sobreesfuerzo necesario para desarrollar una clase abstracta, se puede compensar con el que precisa el desarrollo de una clase concreta.
- ✘ Clases clave versus clases de soporte: Las clases clave generalmente conllevan un tiempo superior de desarrollo porque son las que representan las características principales del dominio del negocio.
- ✘ Clases avanzadas versus a clases sencillas: La utilización de clases más complejas como los patrones y los marcos hace que el modelo sea muchos más efectivo, aunque el desarrollo de este tipo de clases requiere un mayor esfuerzo.
- ✘ Clases “maduras” versus “inmaduras”: Las clases maduras, aquellas que en las que su funcionamiento y utilidad ha sido ampliamente comprobado porque se han utilizado durante un periodo de tiempo suficiente suelen tener más métodos pero requieren menos tiempo de desarrollo porque

únicamente habrá que realizar algún desarrollo adicional sobre las ya existentes.

- ✘ Profundidad de herencia en la jerarquía de clases: Las clases más anidadas, es decir con una profundidad mayor en la jerarquía, suponen menos esfuerzo de desarrollo ya que suelen ser una especialización de superclases y generalmente tienen menos métodos.
- ✘ Ámbito de programación: Depuradores de código integrados, visores de jerarquía de clases, compiladores incrementales y otro tipo de herramientas pueden facilitar y acelerar el desarrollo.
- ✘ Librerías de clase: El número, el tipo y la madurez de las clases disponibles para reutilizar pueden afectar a los niveles de productividad.

### **Umbrales**

Basándose en el desarrollo de varios tipos de proyectos se han establecido estimaciones orientativas para el tiempo de desarrollo de las clases:

- ✘ De diez a quince días para una clase en producción incluyendo la documentación y pruebas de las clases.
- ✘ De seis a ocho días para desarrollar un prototipo incluyendo código para las pruebas unitarias, pero sin tener en cuenta las pruebas de integración y las pruebas formales de casos.

### **Sugerencias**

- ✘ Utilizar una estimación mayor en los primeros proyectos. Una vez que se tiene experiencia en este tipo de proyectos, se cuenta con un equipo de gente ha participado en proyectos similares y que han desarrollado sus propias clases se puede proceder a una estimación más ajustada.

### **Métricas relacionadas**

- ✘ Número de clases clave.
- ✘ Número de clases secundarias.
- ✘ Promedio de clases secundarias por clase clave.

### **Número de clases clave**

Las clases clave representan el dominio del negocio a desarrollar y son las que se definen en las etapas iniciales del análisis. Este tipo de clases, por sus características particulares, suelen ser punto de partida de futuros proyectos y se reutilizan frecuentemente porque representan generalidades del dominio del negocio de gran variedad de proyectos.

El número de clases clave depende directamente de las clases identificadas y consideradas como de vital importancia para el negocio. Para descubrirlas se pueden plantear preguntas como:

- ¿Se puede desarrollar la aplicación en este dominio sin esta clase?
- ¿El cliente puede considerar este objeto importante?
- ¿Los casos de uso incluyen esta clase?

Las clases secundarias suelen representar interfaces de usuario, comunicaciones entre clases o clases de bases de datos, es decir, clases que complementan a las clases clave.

### **Consideraciones**

El número de clases clave es un indicador del volumen de trabajo necesario para el desarrollo de la aplicación. También es un indicador de la cantidad de objetos reutilizables en el futuro en proyectos con dominio de negocio similares. Esto es debido al hecho de que este tipo de objetos serán especialmente importantes para proyectos con las mismas características y dominio de negocio similares. Hay que tener en cuenta que la elaboración de componentes reutilizables es más laboriosa y su número influye especialmente en el proyecto.

### **Factores importantes**

Tipo de interfaces de usuario. Una aplicación con una interfaz de usuario importante, en la mayoría de los sistemas, se construye con clases secundarias para gestionar la interacción del usuario con la aplicación por medio de ventanas de diálogo.

### **Umbrales**

En general y basándose en la experiencia en este tipo de proyectos el porcentaje de clases clave varía entre el 20 y el 40 por ciento, el resto suelen ser clases secundarias (interfaces de usuario, comunicaciones, bases de datos).

### **Sugerencias**

Un número especialmente bajo de clases clave (inferior a un 20 por ciento) puede indicar que es necesario seguir con el examen del dominio de negocio para descubrir las abstracciones que simulan el negocio.

### **Métricas relacionadas**

- Número de clases secundarias.
- Número de clases secundarias por clase clave.

### **Número de clases secundarias**

Una clase secundaria es un tipo de clase que no es indispensable para el dominio del negocio. Este tipo de clases proporciona una serie de funcionalidades valiosas para las clases clave y las complementan.

Entre las clases secundarias están incluidas las interfaces de usuario y las clases básicas que representan objetos de programación habituales (fichero, string, stream, base de datos, etc.).

Por último también incorporan las numerosas clases de ayuda. Este tipo de clases incorporan la gestión de las clases especializadas con el fin de garantizar un buen desarrollo Orientado a Objetos.

Las clases secundarias tienen especial interés porque nos da un método para estimar el esfuerzo. Las clases clave generalmente se identifican al principio del proceso de desarrollo. Si se conoce el número de clases secundarias y sus relaciones con las clases clave la estimación y planificación del proyecto será más adecuada.

El número de clases secundarias es un indicador del volumen de trabajo necesario para desarrollar la aplicación.

### **Factores importantes**

Hay que tener en cuenta las clases de interfaz de usuario, incluyendo las interfaces gráficas de usuario, ya que es uno de los factores más importante para estimar el número de clases secundarias.

### **Umbrales**

El número de clases secundarias suele variar de una a tres veces el número de clases clave. El intervalo depende principalmente del tipo de clases de usuario. Las interfaces gráficas de usuario incrementan en dos veces el número de clases en la aplicación final. Las aplicaciones sin interfaces de usuario se incrementan en una vez el número de clases, es decir, en una aplicación con unas 100 clases clave y con interfaces gráficas de usuarios, una estimación previa podría apuntar a unas 300 clases para la aplicación final.

### **Sugerencias**

- ✘ El contar con un número muy bajo de clases secundarias no indica necesariamente acciones correctoras en cuanto a la revisión del análisis realizado para conseguir el modelo.
- ✘ Un número demasiado elevado, a parte de las consideraciones de las interfaces gráficas, puede indicar una factorización en clases muy pobres (sencillas). En ocasiones es preferible tener un número pequeño de clases más independientes, aunque sin llevarlo a extremos.

### **Métricas relacionadas**

- Número de clases clave.
- Número de personas por día por clase.

### **Promedio de clases secundarias por clase clave**

Las clases secundarias van apareciendo a lo largo del proyecto, mientras que las clases clave suelen encontrarse en las fases iniciales. La relación entre las clases secundaria y clave no es sencilla, ya que se ve afectada por una serie de factores entre los que se incluye la complejidad de la interfaz de usuario.

Esta métrica trata de encontrar relaciones útiles entre ambos tipos de clases, para poder realizar una estimación de su número al inicio del proyecto.

### **Factores importantes**

La métrica de promedio de clases secundarias por clase clave, indica el número total de clases del proyecto. También se pueden realizar estimaciones del número de total de clases de un proyecto basándose en los resultados de proyectos previos.

Se puede concluir lo siguiente:

- Proyectos con una importante gestión de interfaces de usuario conllevan de dos a tres veces el número de clases clave para las clases secundarias.
- Proyectos con una gestión más sencilla de la interfaz de usuario implican una o dos veces el número de clases clave para las clases secundarias.

### **Umbrales**

Hay que tener en cuenta la complejidad de la interfaz de usuario y por otro lado es importante considerar la experiencia del equipo de desarrollo.

Equipos con poca experiencia de desarrollo tienden a crear un modelo o muy complejo o muy sencillo.

Para aplicaciones con una gestión sencilla de interfaces de usuario debería existir al menos tantas clases secundarias como clases clave.

### **Sugerencias**

- Un promedio muy bajo puede indicar que se está desarrollando muchas tareas con muy pocas clases. En este punto es conveniente examinar la funcionalidad de las clases existentes, tratando de dividir las que sean posibles en nuevas clases.

## Anexo E: Acrónimos

En este apéndice se listan los acrónimos utilizados en esta tesis según se describe a continuación.

**BDS:** Biblioteca de desarrollo

**BMS:** Biblioteca maestra.

**BRS:** Biblioteca de respaldo.

**ECS:** Elemento de configuración de software

**VSS:** Visual Source Safe.

**Identificación de un Tubo:** código con formato NNNN / NNNN (N es un número entero) que identifica unívocamente un tubo.

**Marca:** Imagen de la identificación de un tubo tomada mediante una fotografía.

**Caracter:** Imagen resultado de la segmentación de una marca (típicamente conteniendo un carácter de la identificación del tubo).

**Clasificación:** Proceso de análisis que produce una representación lógica del contenido de una imagen (de un Carácter).

Secuencia de procesamiento: Conjunto ordenado de funciones de procesamiento de imágenes que se aplican unas compuestas con otras.

Acondicionamiento: Procesamiento de una imagen mediante una secuencia de funciones de procesamiento.