



Proyecto Final de Ingeniería Industrial
Guía y análisis económico de la implementación de
ISO 50001 en la sede ITBA – Parque patricios

Autores:

Machicote, Matías Andrés

Morello, Rodolfo Santiago

Nuñez, Sebastián

Tutor:

Dr. Leopoldo De Bernardez

Abril, 2017

Agradecimientos

Le agradecemos al Dr. Ing. Leopoldo De Bernárdez por su guía y apoyo a lo largo de la realización de este proyecto. También agradecemos al Ing. José María Izaguirre por brindarnos a toda la información que precisamos en este trabajo y al Sr. Gustavo Sánchez por facilitarnos acceso a las instalaciones y por su colaboración en este proyecto. Asimismo, agradecemos a la Ing. Catalina García Poitevin, Sebastián García, Nicolás Elzegbe y Juan Pablo De Felice por sus aportes a este proyecto. Hacemos un agradecimiento general al ITBA y sus docentes por darnos las herramientas que nos permitieron desarrollar este trabajo y que nos servirán durante nuestra vida profesional.

El último agradecimiento es para nuestras familias que nos acompañaron y apoyaron durante toda la carrera y sin los cuales esto no hubiera sido posible.

Abstract

This project will study the implementation of ISO 50001 at ITBA university. The main goal is to analyze the requirements, costs, benefits and overall economic viability of implementing the norm in a specific building of the university, the CIT (Technological Investigations Center), one of the two main buildings in the recently inaugurated ITBA's Technological District located in Parque Patricios, Buenos Aires.

The work is divided in two main parts. The first section introduces the ISO 50001 and describes the requirements for an ISO 50001 compliant energy management system. Also, this section describes a guide for a successful implementation of the norm at ITBA's CIT.

The second section contains an economic analysis of said implementation. The analysis considers implementation costs and investments in energy-saving projects. In addition, the economic results of the energy savings were calculated and included in the analysis. análisis económico-financiero de la implementación de ISO 50001 en el CIT. All these variables were taken into account to determine the economic feasibility of the implementation of ISO 50001.

Resumen ejecutivo

Este proyecto final estudiará la implementación de ISO 50001 en el ITBA. La finalidad es detectar los requerimientos, beneficios e impacto económico de implementar ISO 50001 en el edificio. El trabajo se focaliza en el CIT, el edificio recientemente inaugurado, ubicado en el barrio Parque patricios.

El proyecto está dividido en dos partes:

En la primera parte se enumeran los requerimientos que establece la ISO 50001 para poder ser implementada. Posteriormente, se realiza una guía de implementación de ISO 50001 para el edificio del CIT. La misma establece los pasos a seguir para poder implementar ISO 50001 de una manera exitosa en el ITBA.

Mientras que, en la segunda parte se realiza un análisis económico-financiero de la implementación de ISO 50001 en el CIT. El análisis cubre los costos de implementación de ISO 50001 y las inversiones en proyectos de ahorro energético. A su vez, se calculó el impacto económico de generar ahorros en energía eléctrica. A partir de esto, se determinó la viabilidad económica de ISO 50001.

Tabla de contenidos

1. Introducción	1
1.1 ITBA.....	1
1.2 Contexto energético	2
1.2.1 Resumen histórico	2
1.2.2 El presente energético de la Argentina	3
2. Introducción a la norma ISO 50001	12
2.1 ¿Qué es ISO?	12
2.2 ¿Qué es ISO 50001?	12
2.3 Por qué implementar ISO?.....	13
2.4 Lineamientos ISO.....	14
2.4.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act.....	14
2.4.2 Sistema de Gestión de la Energía	14
2.4.3 Responsabilidad de la dirección	15
2.4.4 Política energética	15
2.4.5 Planificación energética	15
2.4.6 Implementación.....	16
2.4.7 Verificación	16
2.4.8 Revisión de la dirección.....	17
2.5 Casos de implementación ISO 50001	18
2.5.1 Casos de implementación de ISO 50001 en universidades	18
2.5.2 Implementación de ISO 50001 en Argentina	20
3. Roadmap para implementación de ISO 50001 en el ITBA	22
3.1 Definir un equipo.....	22

3.2 Definir el alcance y los límites del proyecto	23
3.3 Definir una política energética.....	23
3.4 Planificación energética.....	25
3.5 Implementación	27
3.6 Verificación	28
3.7 Revisión de la dirección	29
3.8 Generar concientización del proyecto	30
4. Análisis económico.....	32
4.1 Determinación de la línea de base.....	32
4.2 Determinación de los beneficios de implementar ISO 50001.....	35
4.3 Determinación de costos de implementación ISO 50001	38
4.3.1 Costos de implementar proyectos de mejora de eficiencia energética	41
4.3.1.1 Proyecto cambiar a luces LED	42
4.3.1.2 Proyecto sensores de presencia en aulas y salas.....	42
4.4 Resultados económicos	43
4.4.1 Cálculo del VAN	46
5. Conclusiones	50
6. Anexos	52
6.1 Relevamiento de capacidad instalada.....	52
6.2 Simulación en eQuest.....	54
7. Bibliografía.....	57

1. Introducción

1.1 ITBA

El instituto tecnológico de Buenos Aires es una universidad en la que se dictan carreras de ingeniería y gestión. Fue fundada en 1959 con el objetivo de crear una universidad dedicada a la enseñanza de ingeniería y ciencias relacionada con el mar. A largo de los años la universidad fue creciendo tanto en alumnos como en carreras que se dicta.

Actualmente cuenta con 7000 graduados y tres sedes. La sede central, ubicada en Avenida Madero, es donde se dictan la gran mayoría de los cursos. La sede de posgrado que actualmente se dictan mayoritariamente cursos de posgrados. Por último, la sede distrito tecnológico que fue inaugurada a principios del 2016, esta sede posee varios laboratorios y asignaturas destinadas para las carreras de ingeniería mecánica e informática.

La sede del distrito tecnológico cuenta con dos edificios el CIDIM y el CIT. El primero es destinado a la carrera de mecánica, ya que posee talleres y maquinaria usada por esta carrera. Mientras que el CIT es destinado a la carrera de informática, pero también posee áreas comunes como biblioteca, buffet y oficinas. También es probable que debido a la versatilidad del edificio se incorporen cursos de ingreso a la universidad.

Este trabajo centra su análisis sobre el edificio del CIT con el objetivo de simplificar el análisis y establecer las bases para posteriormente replicar el mismo método para toda la universidad.

1.2 Contexto energético

1.2.1 Resumen histórico

Hasta el año 1989, la industria energética, desde la producción hasta la entrega en los lugares de consumo, estaba en su totalidad en manos del Estado. Esta situación se originó a partir del Artículo 40 de la Constitución Nacional, introducido en la reforma de 1949. Este artículo decretaba que todas las fuentes naturales de energía (yacimientos de petróleo, carbón, gas, y caídas de agua, entre otros) y los servicios públicos debían ser propiedad monopólica del Estado, bajo el lineamiento de que el fin de su explotación debía ser garantizar el bienestar público. A partir de esta nueva norma, el Estado tomó el control de los servicios públicos expropiando aquellos que se encontraban en poder de particulares.

De esta manera, por un lapso de 40 años aproximadamente la industria energética estuvo administrada y regulada por el Estado Nacional. Las consecuencias más claras de la estatización de la industria energética fueron la desprofesionalización y politización del sector que fueron en desmedro de la planificación y la eficiencia. Esto desató una crisis energética en el año 1989 donde se generaron cortes programados en todo el sistema.

En el año 1989, con el objetivo de revertir esta situación, se sancionó la ley N° 23.696 que revertió la situación comentada generando una transformación total el sector. La ley promovía la competencia y la introducción de mecanismos de mercado en todas las actividades donde fuera posible. También impulsaba la creación de condiciones y reglas de juego transparentes con el objetivo de incentivar la inversión en la industria. Esta reforma atribuyó al Estado el rol de definir políticas y regular incentivos para las actividades de carácter monopólico y fiscalizar la actividad, reduciendo significativamente el nivel de participación en la industria respecto a las décadas anteriores.

La introducción de la competencia a través de la desintegración vertical y horizontal hizo necesaria la aparición de organismos de regulación. Los encargados de estas funciones en el sector eléctrico fueron la Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico (CAMMESA) y el Ente Nacional Regulador de la Electricidad (ENRE). El ENRE se destinó a regular aspectos tarifarios, de verificación, de control de metas de calidad y resolución de conflictos entre partes. Mientras que CAMMESA supervisa el funcionamiento del mercado

a término, planifica las necesidades de potencia y optimiza su aplicación de acuerdo a las reglas fijadas por el Ministerio de Energía.

1.2.2 El presente energético de la Argentina

Actualmente, Argentina se encuentra en una nueva crisis energética declarada en diciembre del 2015 por el Ministro de Energía Juan José Aranguren. Esta crisis es el resultado de años de incremento sostenido en la demanda sin inversiones en infraestructura de toda la cadena productiva que acompañe dicho crecimiento. Un ejemplo claro y fácilmente visible de este desfasaje entre oferta y demanda energética se evidencia en los meses de verano, que se caracterizan por elevados consumos eléctricos en los hogares, durante los cuales se ha hecho cada vez más común la ocurrencia de cortes en el suministro. En algunos casos, se trata de cortes programados y previamente notificados; en otros, son contingencias sorpresivas. Ambos casos conducen a la misma conclusión: la red eléctrica argentina se encuentra subdimensionada para la demanda actual, lo cual se traduce en un déficit energético.

Otra variable importante al analizar la situación energética de Argentina es el precio y su evolución en los últimos años. El precio de la energía, actualmente, está en gran parte subsidiado por el Estado con el objetivo de preservar el poder adquisitivo de los consumidores. A pesar del contexto inflacionario de los últimos 10 años, el precio del kilowatt-hora (kWh) prácticamente no varió. Esto significa que los fondos destinados a subsidios para el sector energético fueron en aumento durante ese mismo período. Tras el cambio de gobierno se decidió revertir esta situación, reduciendo el nivel de subsidio estatal y aplicando los aumentos tarifarios necesarios para cubrir dicha quita, en un proceso que el oficialismo denominó “sinceramiento de tarifas”. Los objetivos de esta política son bajar el nivel de gasto fiscal para reducir el déficit económico en que el estado se encuentra, generando al mismo tiempo un incentivo para el mejor funcionamiento del sector energético: las tarifas más altas desincentivan el consumo reduciendo la demanda, haciendo más atractivas las oportunidades para los inversores interesados en el sector. Un efecto secundario y positivo del ajuste de tarifas es que influencia los hábitos de consumo de los hogares, ya que al volverse un servicio más costoso cobra mayor relevancia y criticidad en cuanto al ahorro induciendo un consumo más responsable y eficiente.

Asimismo, el gobierno tomó varias medidas además del aumento de tarifas para intentar solucionar la crisis energética. Entre ellas está la sanción de una nueva ley de

energías limpias (N 27.191 en reemplazo de la ley 26.190) con la intención de generar nuevos incentivos para la inversión en el sector. También se implementó el programa RenovAr que tiene como principal intención lograr el incremento de la generación de energía eléctrica a partir de fuentes que no contaminen y que a su vez sirvan para reducir el déficit que se enfrenta para cubrir la demanda a nivel nacional.

Como se ha visto, a lo largo de los últimos 50 años, debido a decisiones de índole político, la industria energética sufrió grandes cambios. Sin embargo, independientemente del carácter cambiante del contexto energético, el consumo de energía eléctrica *per cápita* en Argentina aumentó a la par con otros países de la región.

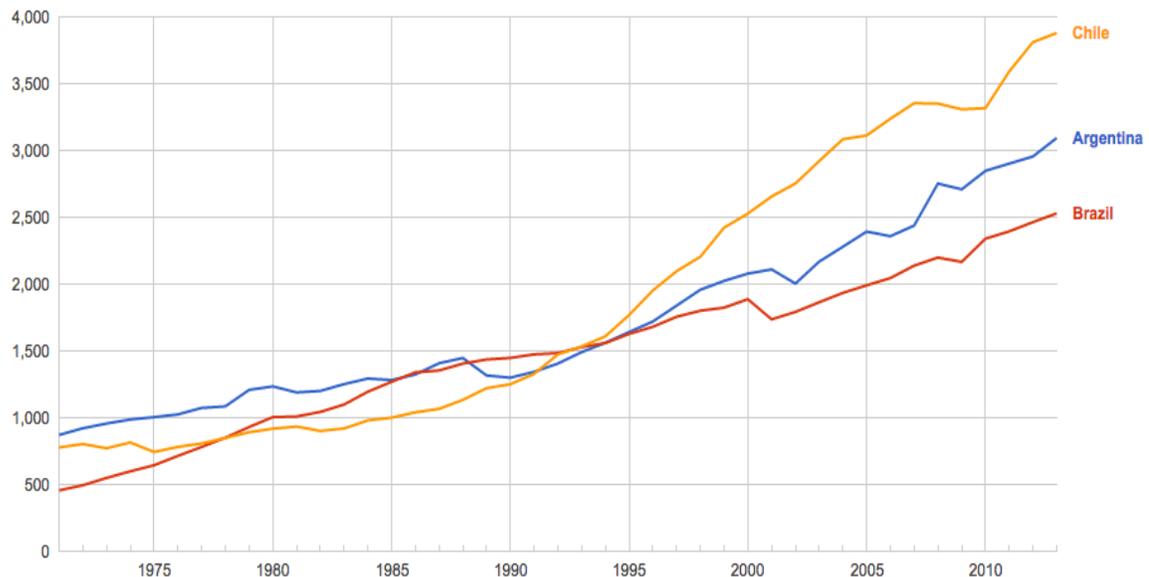


Gráfico 1.1 Consumo de energía eléctrica per cápita anual en kWh durante los últimos 40 años para algunos países de la región. (Datos del Banco Mundial)

Como se puede apreciar en el Gráfico 1.1, exceptuando los años de crisis económicas severas, el consumo *per cápita* mantiene un crecimiento sostenido a pesar de los cambios en el escenario político. En 1991 el consumo de energía *per cápita* rondaba los 1350 kWh, mientras que 20 años después, en el 2011, escaló a 2970 kWh, un 120% de aumento total.

Analizando datos más recientes y desagregando el consumo por sectores, se encuentra que en Julio del 2016 el sector residencial representó un 44,5% de la demanda, seguido por el sector comercial con un 30,1% y por último el industrial con el 25,4%. A

continuación. se exhiben dos gráficos, el primero muestra la contribución de cada sector a la demanda. En el segundo se muestra la demanda mensual según el sector desde el 2013 al 2016.

Distribución del consumo por sectores (Julio-2016)

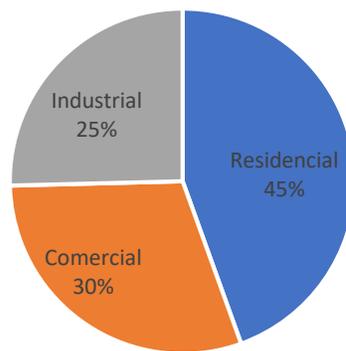


Gráfico 1.2 Distribución del consumo de energía eléctrica por sectores¹

¹ Claves: información competitiva. Informe de coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica.

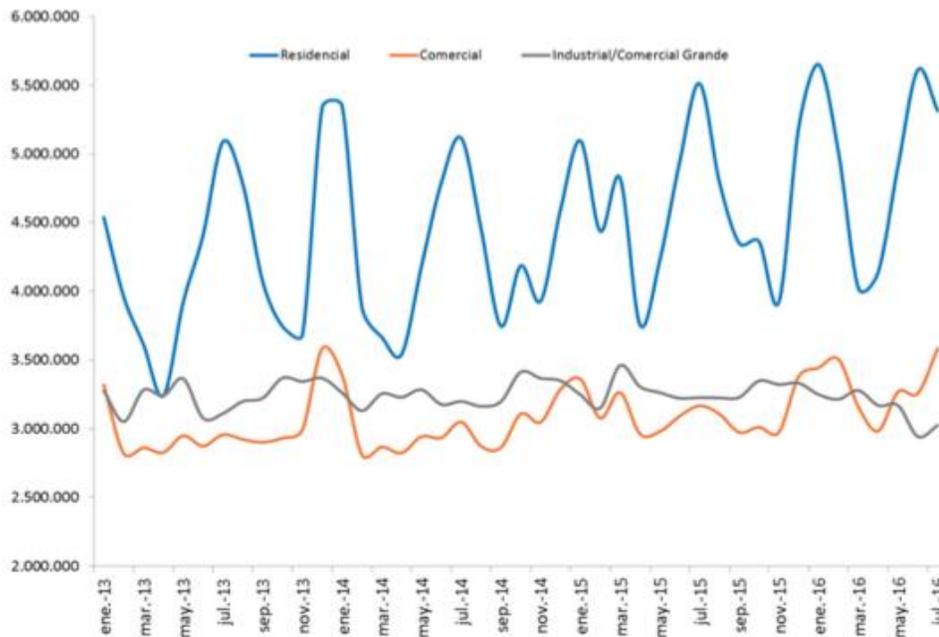


Gráfico 1.3 Demanda mensual por tipo de Usuario en MWh (2013-2016)²

Como se puede observar, la demanda residencial presenta una fuerte estacionalidad anual a diferencia de los sectores comerciales e industrial que no muestran variaciones estacionales notables. Los picos se encuentran principalmente en los meses de verano e invierno. Aún en los períodos de bajo consumo para el sector residencial, este supera a los consumos de los sectores comerciales e industriales. Asimismo, se puede visualizar una clara tendencia alcista en el sector residencial, en línea con el aumento de consumo general anual que se advirtió en el Gráfico 1.1. Se puede concluir, entonces, que el aumento general en el consumo se debió en gran medida al crecimiento de demanda por parte del sector residencial, sustentado por el hecho de que desde 1960 la Argentina experimenta un crecimiento poblacional sostenido y aproximadamente lineal: la población actual de Argentina representa un crecimiento del 111% con respecto a la población en 1960.

Otro punto a resaltar es la reducción de consumo por parte del sector industrial que desde marzo del 2016 disminuye mes a mes. Este sector posiblemente está reduciendo su demanda de energía debido a la contracción que está sufriendo la economía en los últimos meses.

² Claves: información competitiva. Informe de coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica.

Con respecto a la oferta a nivel nacional, actualmente se registra una potencia instalada de 33.740 MW. La potencia instalada también registró aumentos a través del tiempo, pero estos no fueron suficientes para compensar el aumento de consumo de energía eléctrica de la nación.

La matriz energética es altamente dependiente de combustibles fósiles. Estos representan un 61,3% del total de la matriz, teniendo en cuenta motores diesel, turbinas a gas, ciclos combinados y turbinas a vapor.

Otra fuente de energía con un gran peso en nuestra matriz es la energía hidráulica con un 31,5% de la matriz. Y por último un 5,2% y un 2% pertenecen a nuclear y energías renovables respectivamente. En los últimos años se ha impulsado desde el congreso el objetivo de llegar a tener aproximadamente un 8% de la matriz energética de fuentes renovables, pero a pesar del apoyo gubernamental estos intentos no dieron buenos resultados, ya que sólo un 2% de la matriz corresponde a energías renovables.

A continuación, se puede observar una tabla que muestra la potencia nominal instalada de energía eléctrica. La misma está clasificada por tipo de fuente de energía para diversos años.

Potencia nominal instalada de energía eléctrica en Megawatt (MW)					
Año	Hidráulica	Ciclos Combinados	Nuclear	Eólica	Fotovoltaica /Solar
2010	10.152,7	8.185,0	1.005,0	-	-
2011	10.683,7	8.725,0	1.005,0	7,0	1,0
2012	10.723,7	9.191,0	1.005,0	109,0	6,0
2013	10.724,7	9.191,0	1.010,0	162,0	8,0
2014	10.726,7	9.191,0	1.010,0	187,0	8,0
2015	10.669,4	9.227,0	1.755,0	187,0	8,0
2016	10.619,7	9.227,1	1.755,0	187,4	8,2

Potencia nominal instalada de energía eléctrica en Megawatt (MW)						
Año	Motor Diesel	Turbina a gas	Turbovapor	Biogas	Hidráulica Renovable	Potencia total
2010	607,0	3.588,0	4.438,0	0,0	381,3	28.357,0
2011	1.131,0	3.493,0	4.445,0	0,0	381,3	29.872,0
2012	1.347,0	4.036,0	4.451,0	0,0	381,3	31.250,0
2013	1.388,0	4.061,0	4.451,0	0,0	381,3	31.377,0
2014	1.415,0	4.035,0	4.451,0	0,0	381,3	31.405,0
2015	1.415,0	4.595,0	4.451,0	0,0	438,6	32.746,0
2016	1.834,1	5.152,6	4.451,2	16,6	488,2	33.740,1

Tabla 1.1 Potencia nominal instalada de energía eléctrica por fuentes³

Como se puede observar en la Tabla 1.1, el mayor incremento en potencia instalada se observa en la energía que proviene de motores diesel (alrededor de un 133%). Seguido por la energía nuclear con alrededor de 75% y turbinas a gas un 28%.

Si se observa la generación bruta nacional las proporciones de las fuentes de energía no distan mucho de las proporciones de la potencia instalada. Por ejemplo, para Julio del 2016 el 69,5% fue energía proveniente de fuentes fósiles, seguido por la hidráulica con 23,3%, nuclear con 5,6% y renovables con 1,5%.

³ Claves: información competitiva. Informe de coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica.

En el Gráfico 1.4 se puede observar la generación bruta nacional mensual en MWh del 2013 al 2016.

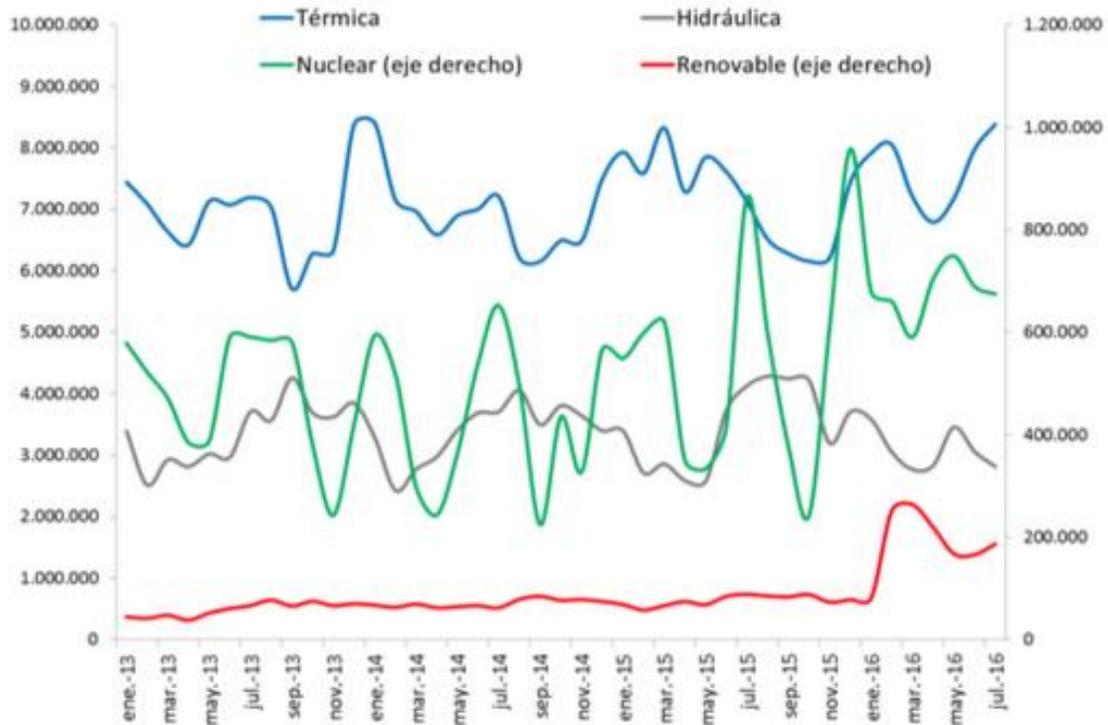


Gráfico 1.4 Generación bruta mensual de energía para distintas fuentes.⁴

Se puede destacar el salto en la generación por parte de las energías renovables a partir de marzo del 2016. Asimismo, un incremento durante el año 2016 de la producción por parte de la energía nuclear. Pero estos saltos no son lo suficientemente significativos para generar un cambio en la matriz.

En los últimos 10 años, es decir 2006 hasta el primer semestre del 2016 (6 meses), se realizaron anuncios de inversiones por 15.000 millones de dólares para la generación de energía eléctrica, de los cuales aproximadamente un 33% (5.100 millones de dólares) se

⁴ Claves: información competitiva. Informe de coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica.

realizaron dentro de los primeros seis meses del 2016. Es lógico decir, entonces, que estamos frente a un período de fuerte inversión en la generación de energía.

Esto no fue así para las actividades de transporte, en las que se realizaron escasas inversiones en los últimos 10 años. Las inversiones anunciadas llegaron hasta un monto de 110 millones de dólares, de los cuales 24 millones pertenecen al año 2016. La falta de inversión en transporte de energía influye negativamente en cualquier proyecto de ampliación de la red, ya que no permite la construcción de la infraestructura necesaria para dichas ampliaciones.

Por último, en el sector de distribución las inversiones rondaron los 563 millones de dólares. Esta inversión representa el 11% de lo anunciado en generación y no es suficiente para mejorar la situación del sector en los problemas de alta demanda.

A continuación, se puede ver en el Gráfico 1.5 cómo se distribuyó la inversión en energía eléctrica entre los distintos sectores de la red eléctrica entre enero del 2015 y junio del 2016.

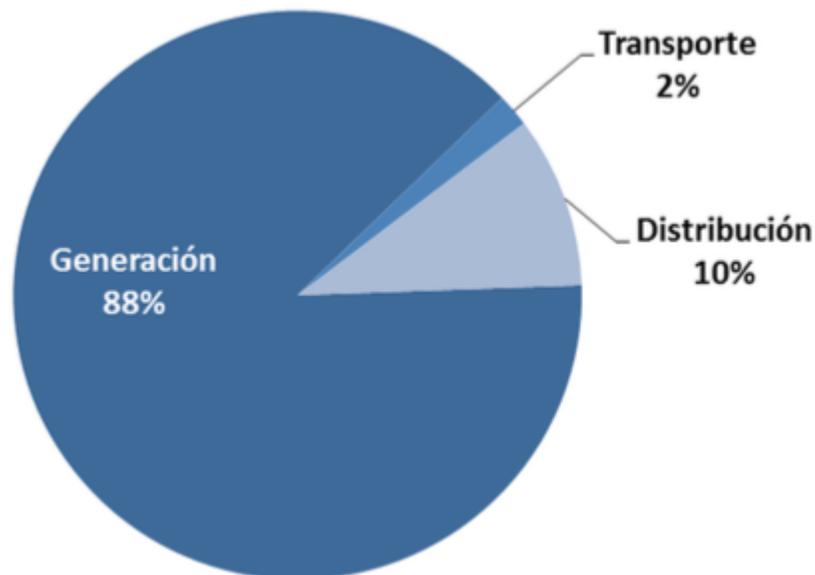


Gráfico 1.5

Distribución de la inversión entre los sectores de la red eléctrica⁵

⁵ Claves: información competitiva. Informe de coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica.

Como se mencionó anteriormente, y se puede observar en el gráfico, la inversión está principalmente focalizada en la generación de energía y una pequeña porción en el transporte y la distribución. Al analizar la composición de la inversión en la generación de energía, una gran porción pertenece a parques eólicos, parques fotovoltaicos y termosolares (1875 millones de dólares). Asimismo, otros 1875 millones de dólares pertenecen a la extensión de la vida útil de la central Nuclear Embalse de Córdoba.

En línea con el plan RenovAr, se realizaron licitaciones en septiembre del 2016 con el objetivo de contratar una potencia de 1.000 MW distribuidas en diversos tipos de generación renovable. Esto traería una inversión del orden de los 2.000 millones de dólares y representando un ahorro de 300 millones de dólares al año en importación de combustibles para generación de energía eléctrica.

En síntesis, es visible que el sector energético atravesó numerosos cambios e inestabilidades a lo largo del tiempo que explican en gran medida la situación de crisis actual. Los precios de las tarifas eléctricas sufren de un fuerte atraso que requiere un ajuste, lo que resulta en un calendario de aumentos distribuidos en el tiempo que no se conoce con certeza. Esto particularmente impacta sobre este trabajo, dado que el análisis económico realizado tiene como parámetro crítico el costo de la energía. Otro motivo por el cual es esperable que el gobierno actual continúe con el aumento de precios es que serviría para generar condiciones de crecimiento en el sector. Por último, al no haberse realizado grandes inversiones en distribución de energía es esperable que sigan apareciendo cortes y otros síntomas del déficit energético en los años venideros.

2. Introducción a la norma ISO 50001

2.1 ¿Qué es ISO?

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una organización no gubernamental creada con el fin de definir estándares internacionales. Está compuesta por organizaciones de estandarización de 164 de países. La definición de estándares facilita el comercio internacional ya que los estándares permiten la creación de productos y servicios seguros, fiables y de calidad. A su vez, los estándares permiten aumentar la productividad y minimizar los errores. Productos que se fabrican bajo los mismos estándares facilitan la comparación entre sí permitiendo una justa competencia y la entrada a nuevos mercados. Por último, los estándares también representan una protección y seguridad para el consumidor ya que los productos certificados cumplen con los mínimos estándares internacionales.

Asimismo, ISO desarrolla normas, en constante actualización, focalizadas en distintas temáticas. Las empresas y organizaciones tienen la posibilidad de certificarse en estos rubros sin la necesidad de estar certificado en otros. Entre las más conocidas está la ISO 9001, esta normativa se encarga de los requisitos para definir un sistema de gestión de la calidad. La ISO 14001 se encarga de definir los requisitos para un sistema de gestión ambiental, mientras que la ISO 26000 establece un guía para el correcto desempeño de la empresa en materia de responsabilidad social empresarial.

2.2 ¿Qué es ISO 50001?

La norma ISO 50001 es un estándar internacional creado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) que provee un marco para el desarrollo de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) en organizaciones. Este está diseñado para guiar a las organizaciones en el camino de la planificación e implementación de un SGEn. Un SGEn permitirá a organizaciones de cualquier tipo y tamaño lograr mejoras en el desempeño energético de la organización, ya sea en eficiencia como en uso y consumo de la energía, mediante el establecimiento sistemático de políticas, objetivos y planes de acción para alcanzarlos. Esta norma trata principalmente el uso y consumo de la energía, la medición y monitoreo del consumo y al desarrollo e implementación un plan de gestión para mejorar

la performance energética de la organización. En consecuencia, la norma tiene como propósito conducir a las organizaciones a reducir su consumo energético y por tanto las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales. Asimismo, al poner en práctica un SGEN que adhiera al estándar las organizaciones lograrán reducir los costos de energía impactando de esta forma en su *bottom line*.⁶

2.3 Por qué implementar ISO?

Una de las dificultades que conlleva implementar un sistema de gestión de la energía es la inexperiencia de los empleados de la organización en diseño de sistemas de gestión de la energía y en temáticas de eficiencia energética. ISO a través de su norma 50001 establece todos los requerimientos para su implementación. De este modo, la organización se puede garantizar de que todos los elementos de gestión y sistemas están definidos y no habrá imprevistos sobre los cuales no exista un plan de acción.

Además, al certificarse bajo las normas ISO, la organización certificada se compromete a cumplir y mantener con los requerimientos que establezca la norma. Las organizaciones certificadoras realizan auditorías periódicamente para renovar las certificaciones de las organizaciones certificadas. Esto impulsa a las organizaciones certificadas a trabajar para cumplir con los requerimientos y de este modo no perder la certificación. De este modo, la organización se garantiza que al decidir implementar la norma se trabajará en pos de mantener el sistema de gestión funcionando y las inversiones tendrán su debido seguimiento.

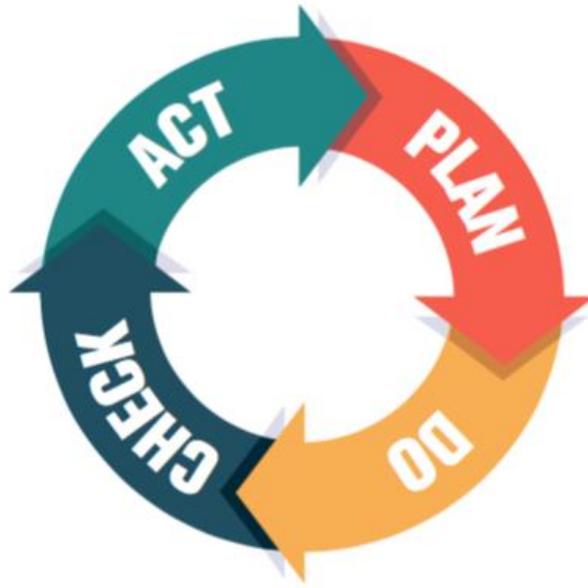
Asimismo, la implementación de ISO 50001 en el ITBA, al tratarse de una institución educativa, conlleva un beneficio aún mayor que para otras organizaciones. Su implementación demuestra el compromiso de la universidad con la eficiencia energética y alienta a investigadores y alumnos en avanzar en el conocimiento de temáticas de eficiencia energética.

2.4 Lineamientos ISO

⁶ U.S. Department of Energy. *ISO 50001 Energy Management Standard*

2.4.1 Ciclo Plan-Do-Check-Act

La norma 50001 utiliza la metodología Plan-Do-Check-Act o círculo de Deming. Este framework alienta un sistema de mejora continua a través del testeo y prueba de distintos proyectos con el objetivo de mejorar el desempeño energético.



2.4.2 Sistema de Gestión de la Energía

La Norma especifica los requisitos con los que debe cumplir un sistema de gestión de la energía. Un sistema de gestión de energía es un conjunto de elementos que interactúan para establecer una política y objetivos energéticos incluyendo los procesos y procedimientos necesarios para alcanzarlos. Cada organización debe establecer, documentar, implementar, mantener y mejorar un SGE en cumplimiento con los requisitos establecidos en la Norma. Este debe tener un límite y alcance de aplicación claramente definidos y documentados.

2.4.3 Responsabilidad de la dirección

La Norma establece una serie de requerimientos para la alta dirección de la empresa u organización. El objetivo de estos es asegurar el compromiso de la alta dirección con la

implementación de la norma y asegurar el cumplimiento de los objetivos. Para esto le otorga a la alta dirección responsabilidades en torno al establecimiento de la política energética junto con sus límites y el alcance además de las metas, el seguimiento de resultados y la designación de un equipo y representantes. Asimismo, es responsabilidad de la alta dirección asegurar que los recursos necesarios para una exitosa implementación del SGEEn sean suministrados.

La Norma destaca como aspecto clave, y requisito para el cumplimiento, la comunicación de la importancia de los objetivos energéticos y la concientización respecto de la política energética a todos los niveles de la organización.

Se destaca también la existencia de un requisito que demande que la organización realice un planeamiento del desempeño energético de la organización a largo plazo.

2.4.4 Política energética

La política energética es la declaración formalmente expresada por parte de la organización de sus intenciones y dirección respecto a su desempeño energético. Algunos requisitos para la misma son:

- Incluir un compromiso de mejora continua para el desempeño energético
- Asegurar la disponibilidad de recursos e información necesarios para alcanzar los objetivos
- Fomentar el cumplimiento de requisitos legales
- Fomentar la adquisición de productos y servicios eficientes energéticamente y el diseño para un mejor desempeño energético
- Documentar, comunicar, revisar y actualizar si es necesario

2.4.5 Planificación energética

En este punto la norma comienza a aplicar el ciclo **PDCA**, siendo esta la etapa de *Plan*. El representante de la dirección y el equipo deben elaborar y documentar un plan para

el cumplimiento de los lineamientos planteados en la política energética. Los requisitos para el mismo son los siguientes:

- Analizar el uso y consumo de energía, tanto en el pasado como en el presente
- Identificar las áreas y equipos de consumos significativos
- Identificar las variables que intervienen en los mismos, así como los procesos y personas que afectan su uso
- Establecer una línea de base para el desempeño energético basada en datos de los usos y consumos energéticos de la organización
- Diseñar indicadores de desempeño energético (IDEns) para la medición y el seguimiento del mismo
- Establecer metas y objetivos energéticos y planes de acción para alcanzarlos

2.4.6 Implementación

Esta sección representa la etapa de *Do* del ciclo **PDCA**. Aquí la norma destaca, una vez más, la comunicación dentro de la organización que será un aspecto clave para que todos los miembros conozcan los objetivos, procedimientos y requerimientos del SGen. Cada miembro debe conocer también su rol y su responsabilidad en el cumplimiento de los requerimientos del SGen. Por último, la comunicación interna también debe alcanzar los beneficios de mejorar el desempeño energético y cómo los procedimientos y el cumplimiento de estos últimos por los miembros de la organización impactará positiva o negativamente sobre el antemencionado desempeño.

2.4.7 Verificación

La fase de verificación del ciclo consiste en el seguimiento y monitoreo de aquellos IDEns (Indicadores de Desempeño Energético) que se hayan diseñado durante la etapa de planificación para obtener una medida del impacto del plan de acción (*Check*). La norma exige que el desempeño energético sea medido y comparado con los objetivos planteados, a los fines de detectar desvíos significativos y realizar las acciones correctivas necesarias.

Por otro lado, la norma exige que se realicen auditorías internas planificadas para monitorear y controlar el cumplimiento de los requisitos de la Norma y para controlar el cumplimiento de los objetivos y metas energéticos establecidos. Esto es para identificar las no conformidades o incumplimientos actuales o potenciales y poder realizar acciones correctivas y/o preventivas.

2.4.8 Revisión de la dirección

Se establece en esta sección el requerimiento de sostener revisiones periódicas de los resultados del sistema de gestión de la energía y su impacto en el desempeño de la organización. Generalmente esto se dará como una serie de reportes del equipo encargado del sistema a la alta dirección, donde se presentarán los resultados y revisiones de todo lo mencionado anteriormente (indicadores, cumplimiento de objetivos, resultados de auditorías, acciones llevadas a cabo, etc). Como resultado de esta revisión la alta dirección realizará los pertinentes cambios y mejoras al sistema de gestión, establecerá nuevos planes de acción (*Act*) con nuevos objetivos y modificaciones en la asignación de recursos.

2.5 Casos de implementación ISO 50001

2.5.1 Casos de implementación de ISO 50001 en universidades

A nivel internacional ya existen universidades que implementan la norma ISO 50001 con buenos resultados o expectativas de reducir considerablemente su consumo energético.

Una de las universidades que decidió implementar la norma ISO 50001 fue Massachusetts Institute of Technology (MIT)⁷. El abordaje que tuvieron para implementar la norma fue primero hacer una certificación piloto para poder aplicarlo rápidamente, entender su impacto y posteriormente escalarlo a toda la universidad con la experiencia ya adquirida.

Eligieron crear un sistema de la gestión de la energía únicamente para uno de sus edificios que contenía variadas actividades y salas, desde laboratorios y aulas hasta oficinas.

Se decidió que el *top management* iba a ser integrado por los directores del área de instalaciones. Además, la universidad ya contaba con un equipo dedicado a la gestión de la energía con gerentes de sustentabilidad, coordinadores LEED y gerentes de proyecto. Por lo tanto, para lograr minimizar la reestructuración organizacional decidieron que los responsables del proyecto iban a ser el equipo dedicado a la gestión de la energía.

Para el caso de la política energética, el MIT ya tenía objetivos medioambientales y decidió modificarlos y mejorarlos para crear una política energética que cumpla con los requisitos de la norma. Una de las estrategias que implementó el MIT fue definir su política energética sin restringirla a la edificación piloto, sino que definirla de una manera que sea escalable a la hora implementar la norma a toda la universidad.

La revisión de energía consta de un análisis de consumo, identificación de grandes consumos e identificación de oportunidades de mejora. Para este caso la universidad optó

⁷ Parrish, Kristen y Ledewitz, Julia. Early Lessons Learned from Building an ISO 50001: Conformant Energy Management System for MIT.

por contratar a un tercero para la realización de la revisión ya que no contaba con los recursos para poder realizarla.

Si bien es visible que el MIT ya estaba comprometido con gestionar la energía de una manera eficiente, poseía objetivos medioambientales y un equipo de gestión de la energía, a partir de la implementación de la ISO encontró oportunidades de mejoras y tiene como objetivo reducir en un 12-15% el consumo de la energía (tomando como base el consumo del 2010). Es decir, la sistematización de la gestión de la energía bajo los lineamientos pautados en la norma ISO le permitió identificar oportunidades de mejora y alcanzar dichos niveles de ahorro en el consumo de energía.

Otro caso de estudio de implementación de la norma ISO 50001 en universidades es el de Georgia Tech. Para el análisis utilizaron un toolkit provisto por el Departamento de Energía de los Estados Unidos llamado *DOE eGuide for ISO 50001*⁸. Este toolkit está diseñado para ayudar a las organizaciones a implementar sistemas de gestión de la energía paso a paso, incluye formularios, ejemplos y checklists para ayudar al equipo designado durante todo el proceso de implementación.

Georgia también posee un equipo de conservación de la energía dentro del departamento de instalaciones, que es el ideal para este proyecto ya que sus responsabilidades y objetivos van en línea con los posibles resultados del proyecto. Además, el equipo naturalmente tiene acceso a la información de consumos de energía y gas de toda la institución.

Asimismo, para realizar el análisis utilizaron la misma estrategia que el MIT, decidieron tomar uno de los edificios como prueba piloto para posteriormente poder escalarlo a toda la universidad.

El equipo destinado a la conservación de la energía ya tenía instalado medidores smart de energía a través del campus. Estos medidores facilitaron la revisión de energía ya que permitieron acceder a la información rápidamente, identificar los consumos y determinar los objetivos y planes de acción. A partir de la implementación de la ISO 50001,

⁸ *U.S. Department of Energy eGuide for ISO 50001 Energy Management Standard*

se espera que reduzca el consumo de energía en un 15% para el 2020 tomando como base el 2012.

La primera Universidad en implementar la norma ISO 50001 en el mundo fue University College Cork (UCC), es una de las universidades más antiguas de Irlanda fundada en 1845. En el 2013, contaba con 13000 estudiantes incluyendo tanto de grado como de posgrado.

Una de las problemáticas que enfrenta la universidad es la variada antigüedad de sus edificaciones, es decir posee edificaciones muy antiguas y también edificios que fueron construidos en los últimos años. Esto implica que se utilizaron distintas tecnologías a la hora de construirlos por lo tanto los consumos entre las edificaciones son dispares.

Los responsables de la universidad decidieron implementar un software pensado específicamente para cumplir con los requisitos de la norma ISO 50001, el *Enerit ISO 50001 Software*⁹. El software permite identificar usuarios con consumos significativos, identificar oportunidades de ahorro de energía, generar planes y acciones correctivas y gestionar una auditoría.

La universidad pudo implementar el sistema y certificarse en tan solo 4 meses. Además, dentro de los primeros seis meses lograron reducir su consumo eléctrico en un 5,14% y su consumo de gas en un 8%. Esperan registrar ahorros de hasta 212.000 Euros por año durante el período 2012/2011 equivalentes alrededor de 2 millones de kWh.

2.5.2 Implementación de ISO 50001 en Argentina

Las primeras organizaciones en implementar la norma en la Argentina fueron ABB y General Motors. Ambas certificaron sus plantas productivas siendo en Valentín Alsina, Buenos Aires y Alvear, Rosario respectivamente.

⁹ *Enerit. University of Cork Case Study*

ABB ya posee varias certificaciones, entre ellas está la certificación de gestión ambiental (ISO14001) y la de gestión de la calidad (ISO 9001). También, está certificado en gestión de la seguridad y salud ocupacional (OHSAS 18001).

Para el caso de ABB, se creó un equipo de gestión de la energía transversal a la organización. Además, fue necesario capacitar al personal de la planta. En cuanto a los planes de mejora, decidieron reemplazar las luminarias y mejorar la infraestructura del lugar.

La planta cuenta desde el 2010 con 160m² de paneles solares sobre su techo. La capacidad instalada de los paneles solares es suficiente como para proveer el 5% de la potencia que necesita la planta en su funcionamiento diario.

En el caso de General Motors, se certificaron los procesos de las 5 plantas que integran el complejo industrial en Alvear, Rosario. General Motors ya ha alcanzado la categoría Landfill Free (Libre de residuos) en el 2011.

A su vez, fue necesario entrenar a 20 auditores internos con el objetivo de posteriormente capacitar a sus empleados. El objetivo es que, a partir del sistema de gestión de la energía, la empresa encuentre oportunidades de mejora y se optimice el rendimiento energético de sus procesos.

3. Roadmap para implementación de ISO 50001 en el ITBA

La siguiente sección establece una guía para implementar ISO 50001 en el ITBA. La guía está basada en el *toolkit* “DOE eGuide for ISO 50001” pero enfocada en el ITBA. Este *toolkit* fue diseñado por el departamento de energía de los Estados Unidos (DOE).

3.1 Definir un equipo

El primer paso es la definición del equipo que llevará a cabo la tarea. Uno de los requisitos que plantea la norma es que haya representantes de la alta dirección involucrados directamente en el proyecto. Dado que en este caso se trata de una universidad y no una empresa, la más alta dirección no será un gerente general sino el rector de la universidad o, dependiendo del alcance definido para el proyecto, el director del área relevante a dicho alcance. En el caso del ITBA, si el alcance del proyecto abarcara todas las instalaciones de la universidad, el máximo responsable del proyecto sería el rector, mientras que, si se define que el SGE solo alcanza al Centro de Investigaciones Tecnológicas, donde únicamente se llevan a cabo actividades de la Escuela de Ingeniería y Gestión, el máximo responsable será el director de dicha escuela. La razón de esto es que el máximo responsable del proyecto tenga la potestad para definir y llevar a cabo iniciativas relevantes a la norma, además de la responsabilidad para asignar recursos a ellas como fuera necesario. No es necesario que esta persona forme parte del equipo, sino que puede designar un representante para liderar el proyecto. Sin embargo, sí es un requisito que la alta dirección dedique los recursos necesarios y que evalúe y dé seguimiento a las propuestas. El resto del equipo estaría conformado por integrantes con distintos perfiles idealmente; debe haber personas capaces de elaborar y delinear objetivos a largo plazo y planes de acción para cumplirlos, y personas encargadas de llevarlos a cabo en el plano operativo. El equipo también debe contar con la capacidad analítica para identificar oportunidades de mejora y evaluar los resultados de las propuestas implementadas para la toma de decisiones *data-driven* de acuerdo a lo planteado en el ciclo **PDCA**.

Para el caso particular, dado que el alcance ha sido limitado al CIT el máximo responsable es el director de la Escuela de Ingeniería y Gestión. Luego, el integrante

dedicado a tareas de nivel operativo y de seguimiento diario es el encargado de mantenimiento de la sede. El equipo de ingeniería abocado a tareas analíticas, oportunidades de mejora, planificación a mediano y largo plazo y planes de acción, así como evaluación de resultados y estudio económico del proyecto tendría como integrantes a estudiantes de la universidad y estaría liderado por un miembro del departamento con más experiencia.

3.2 Definir el alcance y los límites del proyecto

El siguiente paso en el camino hacia la implementación de la norma es la definición del alcance del Sistema de Gestión de la Energía. Según la norma, una de las principales tareas de la alta dirección de la organización es esta definición. Aquí se define qué partes de la organización serán afectadas por la norma y se dará una idea de los recursos necesarios para la implementación. Se definen límites físicos para este alcance; la norma puede aplicarse a todas las instalaciones de la universidad, a un grupo de edificios o a un solo edificio y cualquiera de estas opciones es válida para la norma mientras que dentro de estos límites se respeten las pautas establecidas. Es necesario que esto esté correctamente definido, ya que según los requerimientos de la norma se realizarán mediciones, se obtendrán resultados y se definirán objetivos e iniciativas para cumplirlos en función del alcance y los límites del SGen.

A los fines de este proyecto, se definió que la implementación de la norma en esta fase inicial va a limitar su alcance al Centro de Investigaciones Tecnológicas (CIT). Este es uno de los dos edificios que componen la Sede Distrito Tecnológico del ITBA. Haber definido el alcance y los límites de esta forma no impide que en un futuro el *scope* de la implementación pueda cambiar y escalarse para tomar en cuenta a toda la sede o incluso todas las sedes de la universidad.

3.3 Definir una política energética

La política energética de la organización es, como ha sido definido según la norma, la expresión explícita del compromiso de la organización para mejorar su desempeño en cuestiones energéticas.

Dado que el ITBA es una universidad especializada en ingeniería, es importante que sea un ejemplo para la comunidad empujando iniciativas que promuevan el uso de tecnología e investigación aplicada para distintos fines. Por esto la política energética que adopte el ITBA debe reflejar este principio promoviendo la mejora continua de su desempeño energético y apoyando el uso de tecnología para lograr ser cada vez más eficientes energéticamente.

La definición de la política energética debe ser aplicable a toda la organización, es decir, la política es el compromiso de la organización en conjunto y, por esto, no está restringida a los límites y alcance definidos. Esta política puede mantenerse si el alcance fuera a modificarse y expandirse para abarcar a todas las instalaciones del campus de la universidad.

A su vez, en la actualidad ha cobrado mucha relevancia el cuidado del medio ambiente como un componente de la gestión industrial: la gestión ambiental. El ITBA en este aspecto se esfuerza por remarcar la importancia de la sustentabilidad de las actividades industriales. Es por esto que dentro de las políticas energéticas no puede obviarse un apartado sobre el cuidado del medio ambiente y la reducción del impacto asociado al uso de recursos energéticos sobre el mismo.

El siguiente texto es una propuesta de política energética para el ITBA:

” El ITBA aspira a ser líder en la implementación de buenas prácticas y de tecnología con el objetivo de ser más eficientes en sus operaciones en relación al uso de energía. En función de esto, se compromete a:

- *Reducir progresiva y continuamente su consumo de energía*
- *Priorizar la adquisición de equipos y máquinas con las tecnologías más eficientes energéticamente*

- *Fomentar en la comunidad de alumnos, docentes y no docentes el uso racional de la energía mediante la concientización y educación en materia energética y ambiental*
- *Garantizar que el consumo de energía se destine a actividades realmente necesarias y de valor para la comunidad educativa y, en lo posible, para toda la sociedad*
- *Definir objetivos desafiantes en términos de mejora de desempeño y desarrollar prácticas e iniciativas para lograrlos dando el seguimiento pertinente*
- *Asegurar el cumplimiento de toda normativa en materia energética y ambiental*
- *Revisar anualmente los objetivos y planes acordados, redefiniéndolos si es necesario*
- *Someterse a auditorías (internas o externas) para asegurar el cumplimiento de los compromisos expuestos anteriormente*

3.4 Planificación energética

Como primer paso para realizar la planificación energética se debe tener un registro de los equipos que generan consumo eléctrico en el establecimiento. Actualmente, la capacidad instalada en el edificio del CIT es de 250 kW. Este cálculo deja de lado el consumo tanto el CIDIM y los consumos que se generan en el predio por fuera de las edificaciones, es decir, sólo toma en cuenta aquello que esté dentro de lo definido en alcance de aplicación de la norma.

La capacidad instalada está compuesta por:

- Luminaria: 27,6 kW
- Sistema de acondicionado de aire: 133 kW
- Maquinaria: 51,7 kW
- Elementos electrónicos: 27,6 kW
- Otros: 10,2 kW

Además de la capacidad instalada es necesario relevar información de los consumos reales tanto actuales como en períodos de análisis pasados. Esta información se puede obtener de facturas de meses anteriores para tener una historia de los consumos y los gastos en energía eléctrica. Se debe continuar relevando esta información en el futuro para hacer un seguimiento de estas variables y para poder evaluar los resultados de las medidas

implementadas. Para el caso del ITBA, las facturas poseen un inconveniente ya que el consumo reportado incluye a los dos edificios del predio, el CIT y el CIDIM. Esto dificulta el seguimiento exclusivo de los consumos atribuibles al CIT; para ello sería necesario instalar instrumentos de medición adicionales. Así se conocerán los consumos propios del CIT, y conociendo el esquema de tarifas para la facturación se conocerá también el gasto atribuible al CIT.

El próximo paso es entender el sistema que utiliza la distribuidora energética (Edesur) para la facturación del servicio. El servicio consta de dos costos fijos, cada uno para una franja horaria distinta, determinados en función de la demanda contratada. La compañía se compromete a poder satisfacer esa demanda máxima, y en caso de excederse el ITBA sería penalizado. En el caso de la Sede Distrito Tecnológico del ITBA donde se encuentra el CIT la potencia contratada es de 500 kW. Esto no solo incluye la potencia instalada en el CIT, sino también la potencia instalada en el Centro Integrado de Desarrollo en Ingeniería Mecánica (CIDIM). También, posee un costo variable que es en función del consumo del período. Dicho costo será facturado con distintas tarifas dependiendo de la franja horaria en la que se realice el consumo; esto quiere decir que cada kWh consumido durante las horas pico tendrá un costo distinto que el kWh consumido durante otra franja horaria.

Posteriormente, se debe medir y analizar el consumo energético, idealmente segmentado por zonas o por tipo de uso. Al momento de escribir este trabajo el edificio del CIT no está siendo utilizado a la capacidad para la cual fue diseñada, por ende, el consumo actual no resulta representativo de un régimen estacionario. Sin embargo, se espera que en el año lectivo 2017 el CIT tenga un mayor nivel de actividad por lo cual el consumo aumentaría dada la mayor ocupación. La poca actividad e historia del edificio afecta al cálculo sobre la línea de base (año base) que constituye otro de los requisitos de la norma. Si se utilizase el consumo del 2016 como línea de base se estaría partiendo de un consumo muy bajo con respecto a lo que se va a consumir durante el 2017 y los años posteriores. El problema radica en la dificultad de pronosticar futuros consumos ya que no se tiene conocimiento del impacto de la ocupación del edificio en el consumo. Por lo tanto, esto volvería difícil aproximar los posibles ahorros y fijar metas de mediano y corto plazo. Más adelante se detalla cómo se utilizó un simulador especializado para proyectar los consumos en una situación de mayor ocupación.

Es necesario que se determinen indicadores de desempeño de la energía. Los indicadores permiten entender rápidamente el avance y el estado al contrastarlo con los mismos indicadores calculados a partir del año base. Los indicadores deben ser lo suficientemente exhaustivos como para obtener la visión general y a su vez el detalle.

Nuestra propuesta de indicadores es la siguiente:

- *KWh mensuales*
- $\frac{KWh\ mensuales}{persona}$
- $\frac{KW}{persona}$
- $\frac{KWh\ mensuales}{categoría}$
- $\frac{KWh\ mensuales}{persona*categoría}$
- $\frac{KW}{persona*categoría}$

Una vez determinados los indicadores de desempeño base se deben definir los objetivos y metas. Los objetivos se enfocan en los resultados que se deben obtener para poder cumplir con la política energética mientras que las metas son la medida cuantitativa de desempeño para poder cumplir con los objetivos. Es decir, las metas sirven como medida de gestión ya que están ligadas a los indicadores previamente definidos.

Una vez que se haya definido todo lo anteriormente expuesto se puede avanzar a analizar las oportunidades y proyectos viables. No debe ser dejado de lado el análisis de impacto ya que los proyectos deben en su conjunto apuntar a cumplir con las metas y objetivos. Por último, es pertinente definir un plan de acción que englobe todos los proyectos y cumpla con los tiempos preestablecidos.

3.5 Implementación

Hasta este punto, solo se cubrió el paso **Plan** del círculo de Deming. Antes del paso **Do** se debe hacer una revisión de los recursos disponibles y cómo van a ser alocados. También es necesario revisar el plan y su presupuesto con la alta dirección.

Al cubrir el paso **Do** se mencionan todos los requerimientos que la norma exige para este paso que consiste en la implementación y las operaciones.

La norma indica que el personal y todas las personas involucradas debe conocer sus responsabilidades en el sistema de control de la energía. Es probable que en el ITBA se deban realizar entrenamientos tanto para el personal de mantenimiento, para que sea consciente de su rol fundamental para el funcionamiento de sistema de gestión, como para los alumnos. Los entrenamientos deben estar enfocados a explicar cuál es el plan y el rol de cada persona dentro del mismo.

La norma indica como necesario establecer controles operacionales y de mantenimiento con el objetivo de asegurarse el correcto funcionamiento de sistemas, equipos y procesos.

Los controles pueden variar es su forma, ya que pueden incluir procedimientos, controles o también el uso de personal calificado.

Para aplicarlo en el ITBA es necesario que sea planeado con antelación y existan procedimientos de funcionamiento para los consumos más significativos de la edificación. Por ejemplo, el control de la temperatura en las salas y espacios comunes es controlada por el personal de mantenimiento, debe existir un manual de procedimientos en el cual se establezca cómo se asignarán las temperaturas a cada sala, cómo se va a controlar y si tiene que ser una persona calificada quien lo opere. El equipo encargado de la implementación es el encargado de establecer los controles y comunicar a los responsables una vez que se haya aprobado por el *top management*.

Asimismo, el equipo debe redefinir los procedimientos para la compra de equipos, servicios o productos que consuman energía eléctrica para poder considerar el impacto de sobre eficiencia energética del edificio

La norma también sugiere identificar posibles proveedores de energía que provean de energía de calidad suficiente para mantener la actividad a un precio competitivo. En el caso del ITBA esto no es posible ya que existe un único proveedor, Edesur, y no existe posibilidad de cambiarlo.

3.6 Verificación

Como parte del proceso **Check** del círculo de Deming. Es necesario que la organización mida y analice su desempeño en los indicadores que fueron definidos. El monitoreo de los indicadores es una parte esencial del análisis necesario para una toma de decisiones efectiva. La medición y el control de los indicadores seguramente revelará desviaciones en la eficiencia energética; la norma establece que se debe determinar un umbral para dichas variaciones, y estas tienen que ser analizadas y documentadas para poder actuar y corregirlas.

También es necesario que se realicen auditorías internas para revisar la eficiencia energética y la efectividad en la implementación del sistema de gestión de la energía. El auditor interno tiene la responsabilidad de documentar y evaluar objetivamente si el sistema de la gestión de la energía cumple con los requerimientos que establece la norma. Es necesario que el ITBA capacite algunas personas dentro de la organización para que asuman este rol y puedan realizar las auditorías internas.

A su vez, la norma exige que se definan procesos para identificar situaciones o situaciones potenciales en donde no se cumple con los requerimientos de la norma. No solo es necesario que se defina el proceso para identificar, sino que también se establezca la acción correctiva. De este modo, se puede actuar rápidamente para corregirlo.

3.7 Revisión de la dirección

Una vez terminada el paso **Check** del ciclo **PDCA**, se debe seguir con el paso **Act** que cierra el ciclo de mejora continua. Las decisiones tomadas por la alta dirección son las que impulsan este paso.

El equipo de gestión conformado debe evaluar periódicamente la efectividad y la adecuación del sistema de gestión de la energía a la organización. El foco debería estar puesto en analizar la eficiencia energética, determinar si se están tomando las acciones apropiadas y por último que se tomen las acciones para capitalizar oportunidades de mejora y cambios necesarios.

La revisión de la alta dirección se puede considerar exitosa si la información que se obtiene como resultado es relevante y presentada de forma significativa para la dirección de forma que conduzca a una toma de decisiones efectiva. Las decisiones tomadas deben estar orientadas a una mejora en la performance energética y se debe asegurar que se implementen las acciones requeridas por dichas decisiones.

Por último, para efectivamente lograr una implementación eficiente de la ISO 50001 el ITBA debe lograr aplicar un sistema de mejora continua, basándose en el sistema de gestión como fuente de información para la toma de decisiones.

3.8 Generar concientización del proyecto

Para garantizar que se logren los objetivos planteados es necesario un compromiso de las personas involucradas con la institución. Esto incluye tanto a los empleados administrativos y de mantenimiento como a profesores y alumnos a pesar de no estar directamente involucrados en el desarrollo del proyecto. Es por esto que es necesario desarrollar campañas de concientización del proyecto y comunicar las responsabilidades de cada actor.

A su vez, dentro de las campañas es pertinente comunicar el impacto de las actividades de los actores, sus roles y sus responsabilidades. El objetivo de estas campañas es obtener el compromiso de colaboración de todos los actores involucrados ya que solo de esta forma será posible cumplir con los objetivos planteados.

4. Análisis económico

La implementación de la norma ISO 50001 insume recursos económicos en forma de costos e inversiones. Por esto se propone un análisis económico del proyecto. El objetivo de dicho análisis es determinar la viabilidad económica de la ejecución de un proyecto de este tipo para el ITBA mediante un cálculo económico. Por un lado, este cálculo considera los beneficios generados por la adopción del SGE, particularmente por las iniciativas y acciones de mejora tomadas. Del otro lado, se computan los egresos asociados a la ejecución de dicho proyecto que se dividen en dos categorías generales: costos e inversiones. Entonces, es necesario determinar y cuantificar dichos beneficios y egresos, principalmente los ahorros en costos de energía, para contrastarlos y determinar si los esfuerzos necesarios para desarrollar el proyecto generarán un resultado económico positivo para la universidad.

4.1 Determinación de la línea de base

Al momento de escribir este trabajo el CIT no está siendo utilizado al máximo de su capacidad y se espera que para el año lectivo 2017 si lo esté. El poco uso que se le dio durante el 2016 imposibilita que se use como línea de base para los cálculos de ahorros dado que dicho consumo no sería representativo del consumo bajo un régimen normal de uso. Por lo tanto, se decidió estimar el consumo energético por tipo de uso.

Si bien es posible obtener datos de los consumos actuales y se conoce la ocupación actual del edificio, no es posible escalarlos linealmente para obtener resultados que reflejen correctamente el aumento en los consumos dada la cantidad de variables y la complejidad de las relaciones que existen entre ellas. Por este motivo se decidió usar un simulador para obtener una estimación de los consumos en una operación normal del edificio. Los beneficios del simulador son que permiten incluir factores que afectan al consumo energético tales como la ubicación del edificio, su orientación, el diseño del edificio, los materiales con los que fue construido, cantidad de personas que lo ocupan, el sistema de aire acondicionado entre otros.

Para esto se decidió utilizar el eQuest - DOE2, un software creado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos. Este permite diseñar un modelo virtual de

un edificio y simular los consumos energéticos del mismo. Para este caso, el simulador fue cargado con todos los parámetros correspondientes al CIT.

Entre los inputs necesarios para el modelo, es necesaria información del clima del lugar donde se sitúa el edificio ya que la temperatura exterior es una variable clave para los consumos energéticos de HVAC. Para esto se cargó al software datos del clima durante un año calendario para la Ciudad de Buenos Aires.

Dado que el simulador construye un modelo del edificio fue necesario relevar información de los planos de construcción para obtener sus dimensiones y los materiales con los que fue construido. Esto último es relevante para simular el intercambio de calor entre el edificio y el exterior ya que la transmisión de calor dependerá del tipo y la cantidad de material que se utilice.

Una categoría de gran importancia para el consumo energético de un edificio de estas características es el sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC por sus siglas en inglés). El CIT tiene instalado un sistema VRV (*Variable Refrigerant Volume*) fabricado por la empresa Daikin®. Si bien el eQuest tiene incorporados nativamente muchas variantes para sistemas de acondicionamientos de espacios interiores este tipo de equipos no estaban incorporados por lo que fue necesario obtener las curvas de eficiencia durante la operación de estos equipos para ingresarlas al simulador y asegurar que el modelo ajuste a la realidad.

Además de la información del sistema de HVAC fue necesario relevar otros tipos de cargas de potencia instaladas en el CIT como, por ejemplo, luminarias, computadoras, ascensores, y otros equipos.

Por último, fue necesario estimar la ocupación del edificio en las condiciones de operación proyectadas ya que este es dato ajustará en el simulador los consumos para las distintas categorías. Este dato se puede ajustar para acompañar la variación de los niveles de actividad durante las distintas etapas del año lectivo.

A continuación, se puede visualizar en el Gráfico 4.1 con los consumos categorizados por mes y tipo de consumo para una corrida del simulador.

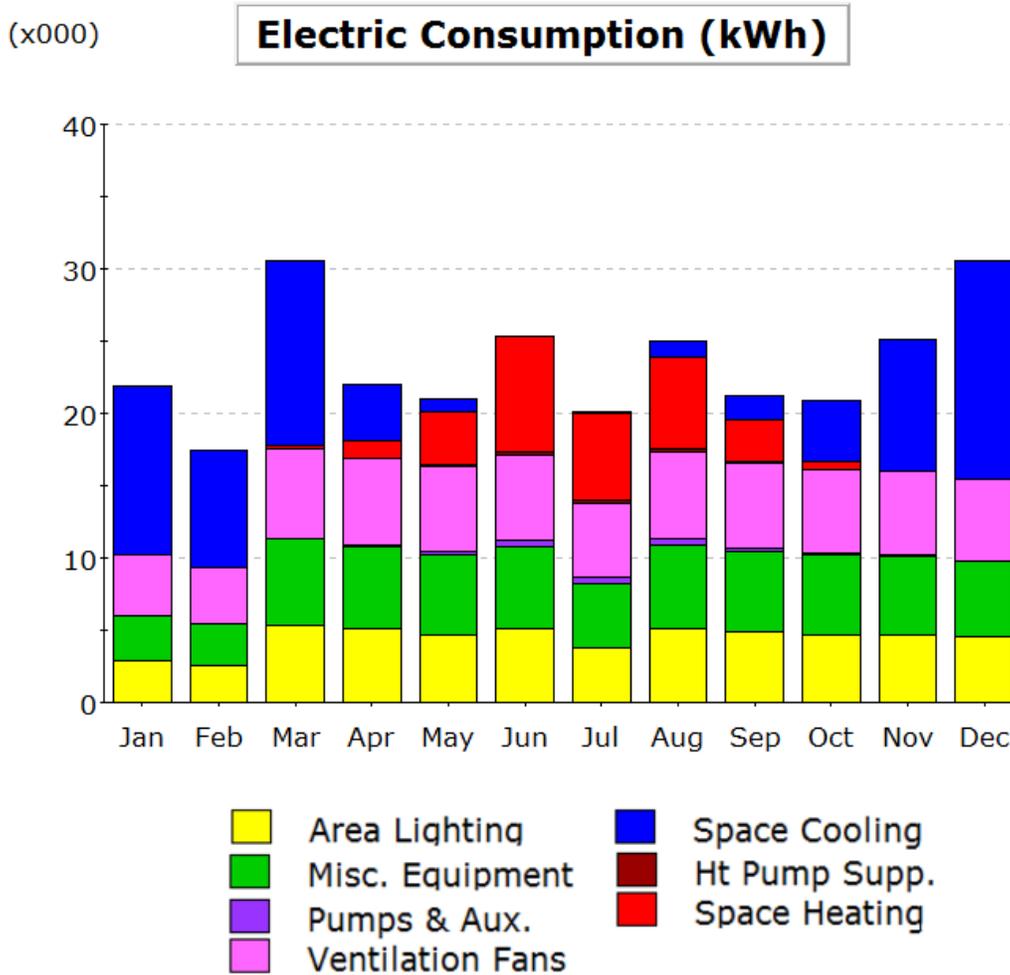


Gráfico 4.1 Consumo eléctrico por mes según categorías para una corrida del eQuest

Se puede ver en los resultados que gran parte de los consumos se deben al sistema de aire acondicionado y ventilación. Se puede ver que en los meses de verano el consumo en aire frío aumenta por las altas temperaturas a pesar de que enero y febrero son bajos por el descenso en la actividad y por ende la ocupación. Lo mismo se puede apreciar para el invierno y el consumo en calefacción siendo esta vez julio la excepción por la baja actividad. La carga en iluminación no exhibe grandes variaciones a lo largo del año, al igual que las cargas en la categoría *Miscellaneous*, donde entran los restantes consumos en equipos como computadoras, heladeras, ascensores, etc.

En la siguiente tabla se puede ver el desglose de los consumos acumulados para todo el año según las distintas categorías. Esta simulación dio como resultado un consumo total de 281,2 MWh.

Categoría	Consumo (MWh)
Space Cool	68,74
Space Heat	29,02
HP Supp.	0,99
Vent. Fans	66,03
Pumps & Aux.	2,00
Misc. Equip.	61,29
Area Lights	53,10
Total	281,17

Tabla 4. 1 Consumos anuales acumulados por categoría

4.2 Determinación de los beneficios de implementar ISO 50001

El principal beneficio para el ITBA serán los ahorros en costos de energía logrados mediante la implementación de medidas que aumenten la eficiencia energética del ITBA y que permitan así lograr menores consumos de energía. Este beneficio es el único cuantificable en términos monetarios y que represente una mejora económica para el ITBA.

Al comparar los ahorros de otras organizaciones similares al implementar ISO 50001 encontramos que rondan entre 12%-20% para un plazo de 6-8 años. Tomando estos ejemplos como *benchmark* de ahorros que se pueden lograr con la norma se estima un ahorro del 12% durante el plazo de 6 años para el CIT. A modo de simplificación se estima que dicho ahorro se desarrolla linealmente durante el período de análisis.

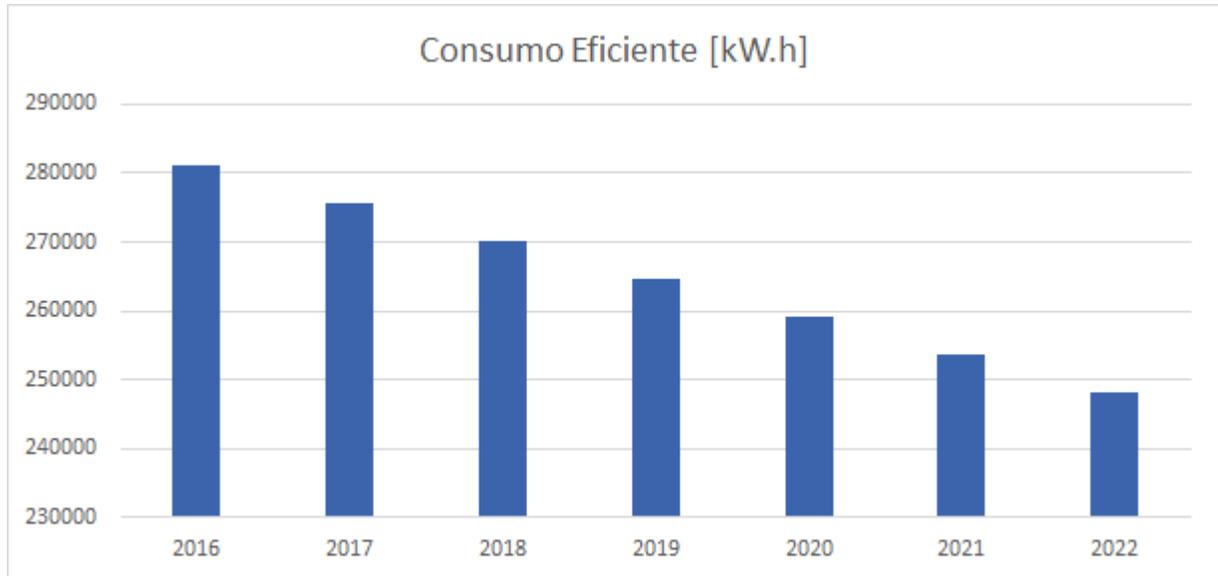


Gráfico 4.2 Proyección del consumo luego de la implementación de Iso 50001

Estos ahorros proyectados son en consumo energético por lo que es necesario transformar esto en un ahorro económico para continuar con el análisis. El contexto actual de Argentina no es posible decir que el costo de la energía se mantendrá estable durante los próximos años. Dada la crisis energética que atraviesa el país se prevé que las tarifas aumentarán y por ende es necesario proyectar dichos aumentos para estimar correctamente el impacto económico de los ahorros en términos energéticos. Al momento de escribir este trabajo no se tiene completa visibilidad de cómo se realizarán los aumentos. Esto depende de la evolución de algunas variables económicas como la inflación, la inversión en infraestructura y de la estabilidad del escenario político durante los próximos años. Para considerar esta incertidumbre en el análisis decidimos considerar dos escenarios de evolución de tarifas, uno optimista y uno pesimista. En la siguiente tabla se muestra la evolución porcentual del aumento de tarifas por año para cada escenario.

Escenarios	2018	2019	2020	2021	2022
1	70%	47%	20%	10%	6%
2	40%	36%	32%	16%	14%

Tabla 4.2 Comparación de los escenarios analizados para la evolución de las tarifas

Estos dos escenarios aportan más visibilidad de los posibles beneficios del proyecto en el futuro y dan una idea de cuán determinante es el precio de la energía en la viabilidad de económica en proyectos de este tipo. Para realizar el aumento de tarifas se tuvo en cuenta un pronóstico de inflación al 2022 y el aumento que debe haber en tarifas para llegar

a que el precio iguale al costo de producción de la energía eléctrica. Actualmente, el precio de la energía representa el 50% de los costos de producción.

Por lo tanto, los dos escenarios de ahorros en términos monetarios quedan como se pueden ver en el Gráfico 4.3.

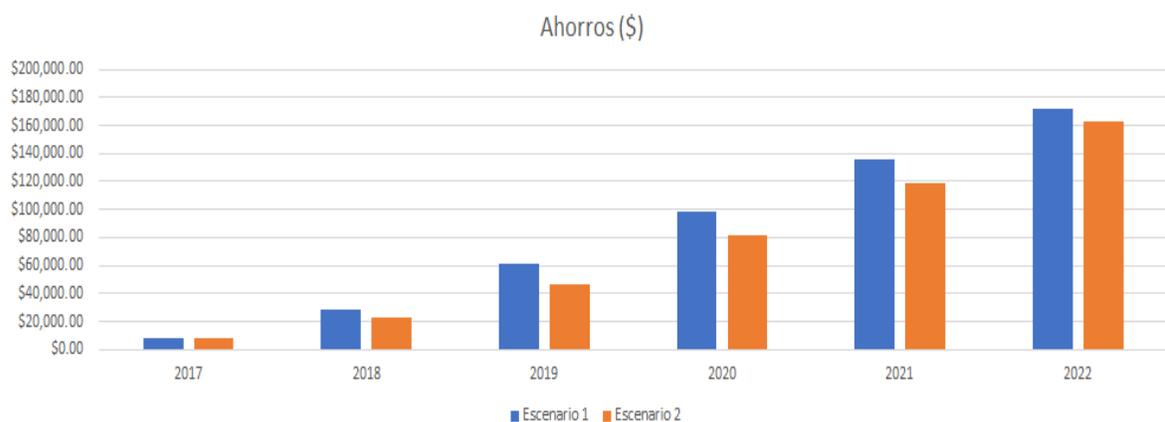


Gráfico 4.3 Ahorros en términos monetarios para los dos escenarios

Escenarios	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1	\$8.271	\$28.121	\$62.032	\$99.252	\$136.471	\$173.690
2	\$8.271	\$23.159	\$47.144	\$82.710	\$119.929	\$163.765

Tabla 4.3 Proyecciones de ahorros en costo de energía para los distintos escenarios

Además, de los ahorros económicos se lograrían beneficios como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de combustibles fósiles dado el consumo reducido de energía. Esto representará un beneficio para toda la sociedad. Otro beneficio destacable para el ITBA es que, en caso de llevar a cabo esta implementación, sería una de las pocas organizaciones en hacerlo en Argentina y la primera universidad en hacerlo. De esta forma esta implementación la colocaría en la vanguardia en temas de eficiencia energética convirtiéndola en un referente para la comunidad. Esto no es un dato menor ya que es importante para la universidad obtener visibilidad en la comunidad para obtener fondos de empresas que den apoyo económico para investigación y formación de profesionales. Sin embargo, estos beneficios no son fácilmente cuantificables ni traducibles a términos monetarios por lo que no se los incluye en el análisis económico. Esto último no

quiere decir que no sean relevantes a la hora de decidir si la implementación se lleva a cabo o no.

4.3 Determinación de costos de implementación ISO 50001

Los costos asociados a la implementación de la ISO 50001 para el ITBA se pueden dividir en dos grupos. En el primero se tienen los costos asociados a actividades que representan requisitos fundamentales para la implementación de la norma, es decir costos de relevamiento y medición y aquellos derivados de estas actividades. En el segundo, se encuentran los costos de las iniciativas y acciones que se desprenden de la implementación y los objetivos de mejora de performance energética. Dado que estos últimos requieren un tratamiento especial serán analizados por separado en la sección siguiente.

En cuanto a los costos del primer grupo, se identificaron los siguientes:

- Costos de personal: es necesario conformar un equipo que dedique tiempo a todas las actividades relacionadas al proyecto. Estas pueden ser tareas de mantenimiento, tareas de análisis, coordinación del equipo, etc. Si bien algunos miembros del equipo serán estudiantes, otros forman parte del personal pago de la universidad y por ende sus horas dedicadas al proyecto serán consideradas como un costo insumido.
- Costos de equipos de medición: para la determinación de la línea de base requerida por la norma será necesario adquirir equipamiento de medición para obtener con precisión los consumos y otros parámetros de eficiencia energética. El ITBA no cuenta actualmente con estos equipos por lo que será necesario adquirirlos y sumar a los costos del proyecto.
- Costos de mantenimiento. Si hubiera que comprar nuevos equipos para mejorar la eficiencia energética y estos tuvieran un requerimiento de mantenimiento especial que implicase mayores costos estos deberán ser tomados en cuenta.
- Costos de certificación: Para obtener la certificación de un sistema de gestión de energía bajo normas ISO sería necesario contratar los servicios de una empresa certificadora. Estas proveen servicio de asesoría y llevan a cabo las auditorías periódicas para verificar la conformidad con la norma. El certificado se emite con un período de validez de 3 años y al cabo de este

período debe ser renovado. El costo de la primera certificación es mayor que la renovación siendo esta última aproximadamente la mitad que la primera. Para estimar el costo de certificar se consideró el costo de contratar un auditor por 8 días, mientras que para la re-certificación se estimó como la mitad de una primera certificación.

Luego de estudiar estos costos para el caso se estimaron los siguientes montos para los costos mencionados:

Costos	unidades	\$/unidad	Total (\$)
Equipamiento	1	216.534	216.534
Norma	1	1.876	1.876
Primera certificación	8	31.000	248.000
Re-certificación	1		124.000
Capacitación	2	4.000	8.000
Capacitaciones	2	7.000	14.000
Personal	6	40.000	240.000
Total			852.410

Tabla 4.4 Costos principales de certificar

Los costos de equipamiento contemplan todo el instrumental necesario para medir los consumos en el edificio. A continuación, la siguiente tabla muestra el desglose de los equipamientos y los costos de los mismos, junto con una explicación de cada elemento.

Costos de Equipamiento de Medición						
Equipo	Marca	Modelo	Cantidad	P. Unitario	P. Total	
Smart meter	HOBO	T-VER-E50B2	4	\$ 31.266	\$ 125.066	
Data Logger	HOBO	UX120-017M	4	\$ 10.067	\$ 40.268	
Sensores de CA	ONSET	T-MAG-SCT-100	12	\$ 3.194	\$ 38.328	
Set de Cables	HOBO	E50B2-LEADSE	4	\$ 2.226	\$ 8.904	
Kit de Conectividad PC	HOBO	BHW-PC	1	\$ 3.968	\$ 3.968	
Total					\$ 216.534	

Tabla 4.5 Costos en equipamiento para medición

- Smart meter: medidor trifásico de potencia, energía, tensión, corriente y otros parámetros eléctricos. Compatible con Data Logger y con capacidad de análisis de potencia. Este dispositivo efectúa mediciones directa e indirectamente (Sensores de CA) sobre la red y las traduce para lectura en display y para envío a dispositivo de registro (Data Logger).
- Data Logger: dispositivo de procesamiento y registro en el tiempo de grandes volúmenes de datos eléctricos suministrados por sensores y medidores. El Data Logger elegido es de 4 canales de entrada con capacidad de registro de 4.124.672 mediciones. Un dispositivo de estas características resulta ideal para recolectar la cantidad de mediciones necesaria para la determinación de la línea de base.
- Sensores de CA: sensores amperométricos para corriente alterna de núcleo partido (*split core*). Estos sensores que basan su funcionamiento en la Ley de Inducción Electromagnética (Faraday) son particularmente útiles para mediciones en edificios y de fácil instalación. Se requiere uno por cada fase a medir.
- Set de Cables: set de cables (par trenzado) para interconexión de Data Logger con Smart Meter.
- Kit de Conectividad PC: paquete para conexión de Data Logger con PC, incluye software original del fabricante y cable USB para conexión y transferencia de datos. Es la interfaz necesaria para volcar las mediciones registradas por el Data Logger a

un ordenador y así efectuar los análisis pertinentes para la determinación de la línea de base.

Los costos de capacitación son los correspondientes a cursos sobre la norma y capacitaciones para auditor interno que dicta TÜV Rheinland. Esta es empresa internacional que se dedica a la certificación, asesoría y capacitaciones relacionadas normas ISO y de otros tipos. Se consideró que es necesario capacitar a dos personas del ITBA que luego tendrán que cumplir el rol de auditor interno y además capacitar e introducir a los conceptos de la norma al resto del equipo.

Para el cálculo de costos de personal se realizó un *benchmark* con el cálculo que realizó Sinahroy en su estudio de la implementación de la ISO 50001 en Georgia Tech y se estimó que se necesitan 6 meses/hombre para desarrollar y poner en marcha un sistema de gestión conforme a la norma. Asumiendo un costo en salarios de \$40.000 pesos por mes para una persona, esto resulta en una inversión de \$240.000 en personal. Se tuvo en cuenta que la mayoría de los análisis y actividades pueden ser realizadas por alumnos de la universidad, por lo tanto, si se necesitasen más horas estas podrían ser cubiertas por alumnos.

4.3.1 Costos de implementar proyectos de mejora de eficiencia energética

Los costos enumerados y dimensionados anteriormente son aquellos necesarios para realizar la implementación de la norma. Los planes que decidan ejecutar la alta dirección serán los que generarán ahorros y tendrán un costo asociado.

Con el objetivo de poder estimar un costo asociado a las mejoras aplicables que lleven a una reducción del 12% del consumo energético, se identificaron 2 proyectos que en su conjunto pueden reducir un 11,8% el consumo energético en 6 años. Se estudiaron estos proyectos como ejemplo de lo que puede suceder una vez que la norma esté implementada y el SGE en funcionamiento y para de esta forma poder estimar los costos recurrentes de implementar mejoras que apunten a mejorar la performance energética.

4.3.1.1 Proyecto cambiar a luces LED

Actualmente el edificio cuenta con luminarias de bajo consumo de diversos tipos, pero en su mayoría son tubos fluorescentes. Por ende, la capacidad instalada mayoritariamente corresponde a este tipo de tecnología.

Se analizó cambiar la iluminación provista por luminarias de bajo consumo a lámparas LED. Se consideró como criterio de reemplazo mantener el mismo nivel de iluminación que las luces de bajo consumo proveen actualmente.

Como resultado se detectó que existen alrededor de 160 luminarias que se pueden cambiar por LED de distintos tipos. El costo asociado a reemplazar todas ellas manteniendo el nivel de iluminación actual es de \$17 550 pesos. Además, se aproximó el costo de instalación como un 25% del total del costo de los materiales y también un 10% del costo de los materiales para repuestos proyectados para los próximos 6 años. Al totalizar los tres, el costo de instalación es de \$23 700.

De este modo la capacidad instalada se reduciría en un 46% y asumiendo que el uso de las luces se mantiene igual, el consumo proyectado anual de energía eléctrica para luminarias pasaría de 53,1 MWh a 28,6 MWh. Esto implica una reducción del 8,7% para todo el CIT.

4.3.1.2 Proyecto sensores de presencia en aulas y salas

A su vez, se analizó el impacto de implementar sensores de presencia en las aulas y salas con el objetivo de automatizar el apagado y encendido de luces. De este modo se garantiza que las luces van a estar prendidas sólo cuando sea necesario.

Se estimó, en función del área de cobertura de los dispositivos, cuántos serán los necesarios para todo el edificio. Para las salas y aulas chicas dos sensores de presencia serían suficientes para el correcto funcionamiento del sistema, mientras que para las habitaciones grandes sería necesario instalar cuatro sensores.

Esto implica que se necesitan 52 sensores para todo el CIT. A un costo de \$300 pesos por sensor, resulta en una inversión de \$15 600 pesos solo en la tecnología. Si se considera,

al igual que en el proyecto anterior, un 25% y un 10% para la instalación y repuestos respectivamente, el total asciende a \$21 000 pesos.

Para calcular el ahorro que podría obtenerse al implementar este tipo de proyectos se investigó y se encontró que la Universidad de Illinois implementó sensores para el prendido y apagado de luminarias. A partir de esto la universidad obtuvo un ahorro de 30% de la energía eléctrica proveniente de luminarias. Por lo tanto, se tomó el 30% como aproximación a lo que podría obtenerse en el ITBA.

4.4 Resultados económicos

Para poder calcular correctamente los costos que se podrían incurrir en el futuro se debe tener en cuenta el aumento de precios. Para esto se generó un pronóstico de inflación basándose principalmente en el informe “Resultados del relevamiento de expectativas de mercado” publicado por el Banco Central. La siguiente tabla muestra la inflación año a año que se tuvo en cuenta en los cálculos:

Año	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Inflación	20,80%	14,60%	9,60%	7,00%	5,00%	3,00%

Tabla 4.6 Proyecciones de inflación para los próximos 5 años

A partir de los anteriormente mencionado se consolidó la información año a año y se obtuvieron las siguientes tablas con el ahorro y los costos correspondientes para cada escenario.

Guía y análisis económico de la implementación de ISO 50001

Año	0	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ajustes de Tarifas	-	-	70%	47%	20%	10%	6%
Gastos ISO	(\$728.410)	-	-	(\$124.000)	-	-	-
Proyecto LEDs	-	(\$5.830)	(\$6.681)	(\$7.322)	(\$7.835)	(\$8.226)	(\$8.473)
Proyecto Sensores de Mov.	-	(\$5.209)	(\$5.970)	(\$6.543)	(\$7.001)	(\$7.351)	(\$7.572)
Ahorro Bruto	-	\$8.271	\$28.121	\$62.032	\$99.252	\$136.471	\$173.690
Flujo Total	(\$728.410)	(\$2.768)	\$15.471	(\$75.833)	\$84.416	\$120.893	\$157.645

Tabla 4.7 Resultados económicos para el escenario 1 (optimista)

Año	0	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Ajustes de Tarifas	-	-	40%	36%	32%	16%	14%
Gastos ISO	(\$728.410)	-	-	(\$124.000)	-	-	-
Proyecto LEDs	-	(\$5.830)	(\$6.681)	(\$7.322)	(\$7.835)	(\$8.226)	(\$8.473)
Proyecto Sensores de Mov.	-	(\$5.209)	(\$5.970)	(\$6.543)	(\$7.001)	(\$7.351)	(\$7.572)
Ahorro Bruto	-	\$8.271	\$23.159	\$47.144	\$82.710	\$119.929	\$163.765
Flujo Total	(\$728.410)	(\$2.768)	\$10.508	(\$90.721)	\$67.874	\$104.351	\$147.720

Tabla 4.8 Resultados económicos para el escenario 2 (pesimista)

Las inversiones correspondientes a la puesta en marcha de la norma se realizan en el año cero del ciclo y se aplica una segunda inversión para obtener la re-certificación a los tres años. Para considerar las inversiones en proyectos de eficiencia energética se tomaron como patrón los proyectos mencionados previamente, y para el cálculo de los gastos que estos generan se decidió prorratarlos como gastos anuales durante el período del análisis. El objetivo de esto es obtener una dimensión de los gastos anuales que representaría tener proyectos o iniciativas de mejora de eficiencia energética activas durante el tiempo de la implementación. Es decir, el objetivo no es evaluar estos proyectos en particular, sino que estos sirvan como ejemplos, sustituibles pero equivalentes, de gastos en proyectos de mejora. Por ende, no es de particular relevancia el momento en que se decide iniciar cada uno de estos proyectos, sino considerar que son gastos recurrentes. La misma premisa fue aplicada al tratamiento que se dio a las inversiones asociadas a los proyectos. Dado que

todos los proyectos en cuestión admiten una ejecución gradual y por etapas, se hace válido un abordaje que considere inversiones distribuidas en el tiempo. En concreto, se divide la inversión total necesaria para cada proyecto y se distribuye año a año en partes iguales. Ya que este tratamiento económico se refleja en la realidad como una implementación progresiva y por etapas, los desembolsos anuales son ajustados con los pronósticos de inflación anual correspondientes. De esta manera, se hace más sencillo el análisis comparativo entre inversión necesaria y ahorro energético asociado.

Para calcular el flujo de fondos acumulado se consideró a partir del año 2023, en donde termina el análisis de implementación de ISO 500001, se mantiene el mismo ahorro al obtenido en 2022. Esto implica que no se volvería a re-implementar la norma ISO 50001 desde el 2023 en adelante.

En los siguientes gráficos se puede ver el flujo de fondos acumulado para cada escenario.

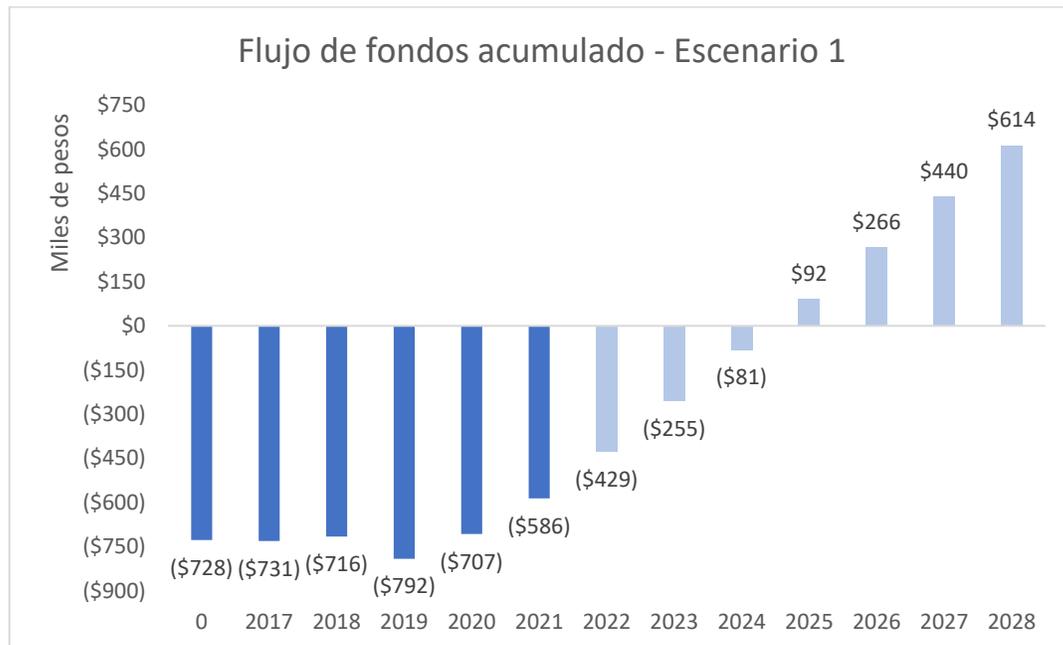


Gráfico 4.4 Flujo de fondos acumulados para el escenario 1

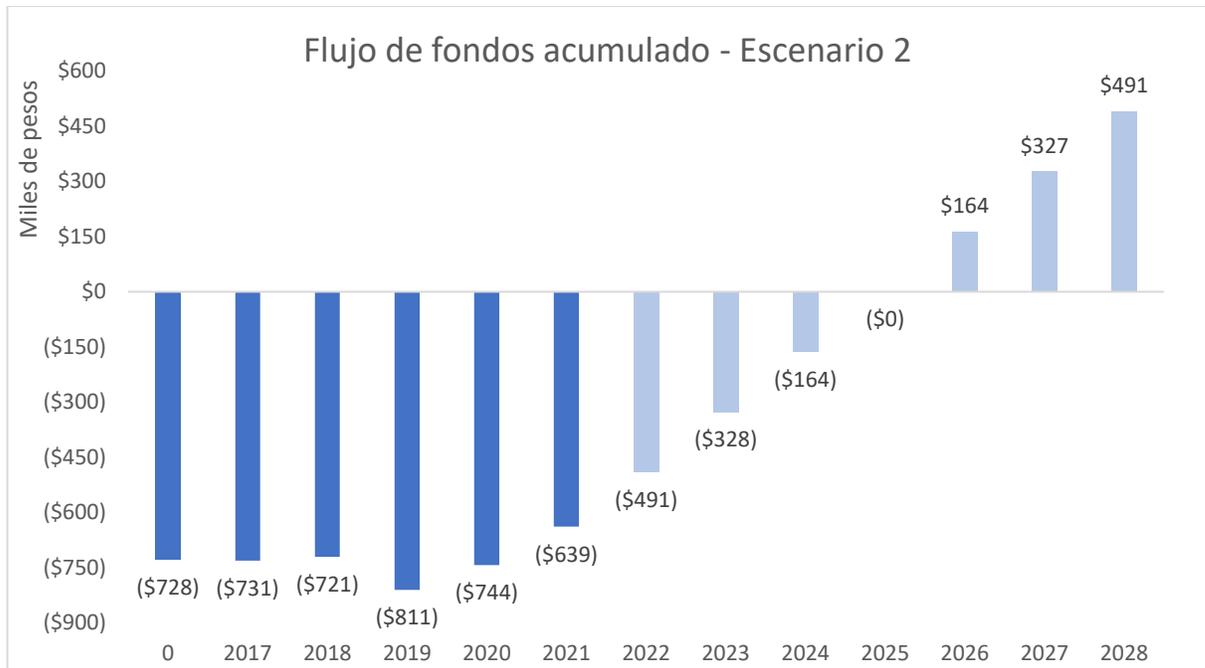


Gráfico 4.5 Flujo de fondos para el escenario 2

Se puede apreciar en los resultados que, para ambos escenarios, durante los primeros años los flujos positivos no son significativos por lo que se retrasa el repago de la inversión. Los años 2020 y 2021 comienza a achicarse el déficit resultando en un repago completo en el año 2025 para el escenario 1 y 2026 para el escenario 2. Esto se explica principalmente por dos motivos. Sólo al final del período de análisis se estima que las tarifas alcanzarán un nivel lo suficientemente alto como para que los ahorros energéticos se trasladen a un ahorro económico significativo. Además, la reducción de consumo es progresiva, por lo que al final del período se presentan los ahorros energéticos más grandes. Esto quiere decir que el período de repago del escenario 1 es de 9 años y el del escenario 2 de 10 años.

4.4.1 Cálculo del VAN

Para calcular el valor actual neto es necesario determinar una tasa de descuento y además tener en cuenta el valor residual.

El valor residual fue considerado para el cálculo ya que se interpreta que los proyectos y ahorros ganados se mantienen durante el tiempo independiente de si se continúa implementando ISO. Por ende, este valor está compuesto por los ahorros en todos los años futuros y no se consideran los costos ni las certificaciones de la norma. Por ende, el cálculo del mismo resultó de este modo:

$$Valor\ residual = \frac{Ahorro\ del\ 2022}{Tasa\ de\ descuento}$$

Para la determinación de la tasa de descuento apropiada se investigó acerca de las tasas de descuento social. Estas tasas son usadas generalmente en políticas públicas para la evaluación de proyectos que implican un beneficio de carácter social. Además, se caracterizan por ser más bajas que las de un proyecto de inversión común, ya que se consideran importantes los beneficios que se obtengan a largo plazo en el futuro.

El inconveniente con estas tasas es que su determinación es dificultosa, pero para países emergentes generalmente se suele tomar un valor entre 8% y 15%.

Por este motivo se realizó un análisis de sensibilidad del VAN para dimensionar las variaciones obtenidas en el resultado al variar la tasa de descuento para cada escenario. El resultado de este análisis es el siguiente:

Tasa de descuento	VAN - Escenario 1	VAN - Escenario 2
8%	\$833.940	\$710.014
9%	\$606.620	\$496.803
10%	\$427.030	\$328.547
11%	\$282.039	\$192.865
12%	\$162.897	\$81.513
13%	\$63.554	(\$11.213)
14%	(\$20.307)	(\$89.380)
15%	(\$91.848)	(\$155.969)

Tabla 4.9 Análisis de sensibilidad del VAN para distintas tasas de descuento

Ambos escenarios tienen su TIR entre los valores que generalmente se utilizan para este tipo de proyectos, alrededor del 12%/13%.

Como conclusión de este análisis, es evidente que la inversión necesaria para la implementación de la ISO 50001 es muy grande en comparación a los ahorros generados. Sin embargo, esto no implica que los ahorros en términos absolutos de energía no sean suficientes para implementar la norma. De hecho, se han estudiado casos de implementación de la norma en universidades donde logrando ahorros energéticos porcentuales equivalentes, la implementación resultó viable y conveniente en términos económicos. Esto se explica, en parte, por las diferencias en los precios de la energía entre los distintos casos. Para el caso del ITBA, el precio del kWh en Argentina es bajo comparado con otros países del mundo debido al atraso de tarifas existente. Por esto, el ahorro energético no se traduce en un ahorro económico de igual magnitud, lo que influye directamente en el estudio de factibilidad. Entonces, el precio de la energía resulta ser una variable crítica en el análisis económico, restringiendo el campo de acciones posibles. En línea con esto, se hace igualmente importante tener un pronóstico suficientemente certero de los ajustes tarifarios en los años contemplados en el análisis, ya que tendrán un efecto directo en el flujo de ahorros del proyecto y, consecuentemente, en el resultado final que determine la viabilidad del proyecto.

En este punto es necesaria la aclaración de que se está analizando la primera implementación de ISO 50001 en la institución que, al tratarse de un proyecto novedoso, requiere de capacitaciones, inversiones y otros gastos necesarios al no contar con experiencia previa ni con el equipamiento para su ejecución. Pero todo conocimiento, experiencia y equipamientos adquiridos en este proyecto, servirían igualmente si se quisiera replicar para otro edificio de la institución o incluso si se quisiera ampliar el alcance y certificar todos los edificios del ITBA. Si este fuera el caso, el prorrateo de todos los gastos e inversiones preliminares sería mucho más favorable y los beneficios generados serían mayores también por una cuestión de escala. Si bien este análisis excede el alcance de este trabajo, es un punto importante a tener en cuenta en trabajos futuros o en la eventual decisión de llevar a cabo la certificación.

Otra variable determinante en la viabilidad del proyecto es la tasa de descuento a aplicar: tasas de descuento altas reducen significativamente el valor actual neto (VAN) de los flujos de ahorro futuros del proyecto que son el beneficio capaz de compensar las grandes inversiones iniciales para la certificación, mientras que para tasas más bajas esto

ocurre en menor medida. Las tasas de descuento típicas para proyectos de inversión (altas) no arrojan resultados favorables, mientras que con las llamadas tasas de descuento social (bajas) -aplicables para proyectos que reportan beneficios para la sociedad- se verifican resultados positivos.

5. Conclusiones

En la primera sección de este trabajo se exponen todos los pasos que debe realizar la Universidad para desarrollar un Sistema de Gestión de la Energía conforme a la norma ISO 50001 y obtener la certificación. El ITBA debe dar los primeros pasos como organización para obtener la certificación ISO y para esto es necesario que defina su visión respecto eficiencia energética y cuidado del medio ambiente, ya que a partir de ello se definirán su política energética y sus objetivos a largo plazo. Estos determinarán el rumbo del ITBA como organización y su agenda hacia el futuro en estos temas, siendo esenciales para formalizar e institucionalizar el compromiso de la universidad con estos temas. El ITBA debe acompañar esto con acciones concretas, desde la comunicación y concientización hasta la inversión y el desarrollo de proyectos. Como actualmente el ITBA no ha puesto foco en estos temas será necesarios desarrollar recursos mediante la capacitación e invertir fondos en equipamiento y tecnología. Sin embargo, el ITBA puede apalancar su carácter de institución educativa involucrando alumnos en estos procesos, ya que además contribuiría a la formación de futuros profesionales con foco en temáticas energéticas y ambientales en un contexto donde estos temas cobran cada vez mayor importancia a nivel mundial.

Dado que la implementación de ISO 50001 implica una inversión de dinero para la universidad, se analizó la implementación desde un punto de vista económico. Los resultados del análisis evidencian que la inversión necesaria no es conveniente en términos de recupero de capital dentro del período de estudio. Esto es atribuible a ciertos factores principales. En primer lugar, la inversión inicial para obtener la certificación es muy grande, (730 mil pesos aproximadamente) ya que contiene todos los gastos que pertenecen estrictamente a la ISO 50001, junto con las inversiones en proyectos de ahorro energético. Por otro lado, el beneficio económico que contribuye al recupero de la inversión depende directamente de los ahorros energéticos logrados por los proyectos mencionados que, a su vez, dependen de las tarifas y del nivel de consumo eléctrico correspondiente. Esto implica que, aun cuando la implementación de ISO 50001 logre buenas reducciones porcentuales en el consumo de energía eléctrica, el ahorro económico no sea suficiente para repagar la inversión. Este análisis se realizó para distintos escenarios de aumentos de tarifas en el futuro cercano, arrojando resultados similares, pero favoreciendo a la inversión en el contexto de mayor aumento de tarifas.

A su vez, al investigar casos similares, se encontró que en otras universidades la implementación de ISO 50001 era muy atractiva desde el punto de vista económico a diferencia del caso del ITBA. Como se mencionó anteriormente, esto se debe principalmente a las diferencias que existen en los precios de la energía eléctrica entre los distintos países. A partir de esto, con un contexto de sinceramiento de tarifas eléctricas en Argentina donde se planea quitar progresivamente los subsidios al sector energético, aparece la oportunidad de esperar a que las tarifas suban y, en consecuencia, las oportunidades de invertir dinero para obtener ahorros se vuelvan más atractivas. Entonces, si se considera que el resultado económico de invertir en la certificación ISO queda fuertemente ligado al precio de la energía, cabe destacar que en un futuro donde el precio de la energía aumente, sí podría obtenerse un resultado económico positivo.

En conclusión, los resultados del análisis económico indican que la implementación de ISO 50001 en el ITBA no es económicamente viable. En función de esto, se puede pensar que es más conveniente ejecutar proyectos de ahorro energético independientes prescindiendo de todos los requisitos y exigencias de la norma. De esta forma, se reducirían significativamente las inversiones y costos, mientras que los ahorros por reducción de consumo serían los mismos, lo que afectaría positivamente al resultado económico final. Si bien esta es una alternativa, no se adecua al objetivo y foco de este trabajo que se centra en la implementación de la ISO 50001. Entonces, pensando en el proyecto de implementación como un todo y analizando su conveniencia, se debe tener en consideración el valor no económico y las externalidades positivas que la certificación ISO 50001 trae aparejada. En primer lugar, brindaría prestigio a la institución, ya que demuestra un fuerte compromiso social y ambiental. Más aún si se considera que sería la primera universidad en certificarse, lo que la diferenciaría sobre las demás aumentando su visibilidad. Además, tratándose de una institución educativa, transmitiría este compromiso y estos valores a toda la comunidad educativa, formando profesionales con un fuerte sentido de responsabilidad social y ambiental, lo cual es muy valorado por las empresas al buscar profesionales. Esto también podría aumentar el número de empresas que quieran formar alianzas con el ITBA para acercarse al estudiantado, ampliando y facilitando la oferta laboral. Por último, el impacto positivo más obvio y más significativo de todos es el ambiental. La reducción de consumo energético contribuye a reducir las emisiones producidas en el proceso de generación eléctrica, lo que tiene un impacto positivo directo en el medio ambiente, ya que desacelera el cambio climático.

5.1 Próximos pasos

A partir del análisis realizado y las conclusiones expuestas previamente surge la necesidad de un estudio más profundo y un análisis de otras alternativas y pasos a seguir para continuar con este proyecto.

En primer lugar, se podrían analizar alternativas para reducir los costos del proyecto, principalmente la inversión inicial. Para esto, se podría analizar la posibilidad de hacer un acuerdo con la institución de certificación para bajar los costos de las horas necesarias para la certificación. Esto implicaría una reducción en lo que representa la mayor porción de la inversión inicial requerida. Por otro lado, se podría analizar la posibilidad de reducir el costo en horas hombre dedicadas a la puesta en marcha del sistema de gestión, por ejemplo, incorporando alumnos u otro personal de la universidad al proceso. Además de esto se podrían analizar otro tipo de proyectos de reducción de gasto energético, en particular aquellos que no impliquen gastos o inversiones de dinero, sino más bien orientados a la gestión. De esta forma se podría mejorar el resultado económico del proyecto. Una línea de investigación relevante en este aspecto sería la de un proyecto que involucre el sistema de acondicionamiento de aire del edificio (HVAC). Del relevamiento previo y las simulaciones realizadas en este trabajo, se determinó que el consumo energético en acondicionamiento de aire representa un porcentaje considerable del total. Por esto cualquier iniciativa o proyecto que logre una reducción en el consumo sin generar demasiados gastos, tendría un impacto muy positivo en el ahorro y en los resultados económicos globales.

Por otro lado, desde el ITBA se podría estudiar como apalancar sus relaciones institucionales para mejorar la viabilidad del proyecto. Esto podría ser consiguiendo financiamiento o apoyo de instituciones financieras o agencias gubernamentales que aporten fondos y reduzcan la inversión requerida por el ITBA. Esto mejoraría el resultado económico del proyecto. También puede estudiarse la posibilidad de conseguir apoyo de empresas que contribuyan proveyendo fondos, equipamiento necesario u horas hombre de ingenieros necesarias para la certificación, ya que a muchas empresas les interesa mantener relaciones estrechas y durables con la universidad para posicionarse bien con los alumnos como posibles futuros empleadores.

6. Anexos

6.1 Relevamiento de capacidad instalada

A continuación, las siguientes tablas muestran el relevamiento realizado en el edificio.

Equipos de acondicionamiento de aire

EQUIPO	MODELO	CANTIDAD	POTENCIA FRIO (W)	POTENCIA CALOR (W)	POT TOTAL (W)
COMPRESOR AC	REMQ12PY	3	9620	9440	28590
COMPRESOR AC	REMQ16PY	3	14200	12900	40650
COMPRESOR AC	REMQ14PY	1	12400	11300	11850
COMPRESOR AC	REMQ8PY	1	5560	5860	5710
COMPRESOR AC	REYQ12TY1	2	8660	9220	17880
COMPRESOR AC	REYQ18TY1	1	15400	15000	15200
COMPRESOR AC	REYQ16TY1	1	13000	12700	12850
Total					132730

Luminarias

TIPO	SUBTIPO	CANTIDAD	POTENCIA UNITARIA (W)	POTENCIA TOTAL PB(W)	POTENCIA TOTAL 1P(W)	POTENCIA TOTAL 2P(W)	POTENCIA TOTAL EDIFICIO (W)
LED	TIRA PASILLO	65	5	325	325	325	975
LED	CHICO	14	5	70	120	120	310
LED	GRANDE	14	10	140	100	100	340
FLUORESCENTE	AULA	45	108	4860	9720	9720	24300
FLUORESCENTE	LARGO	12	72	864			864
DICROICA	-	6	14	84			84
BC	BUFFET	12	42	504			504
FLUORESCENTE	ADMIN	6	36	216			216
Total				7063	10265	10265	27593

Otros equipos

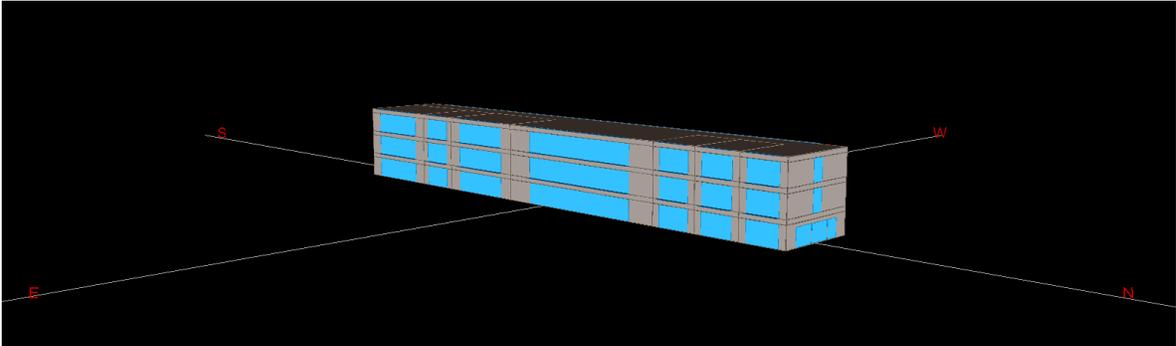
EQUIPO	MODELO	CANTIDAD	POTENCIA TOTAL (W)
BOMBA DE AGUA	SALMSON MULTI-VE806	3	14700
HORNO ELECT	-	1	9000
HELADERA	BRIKET (B)	2	400
ASCENSORES	HIDRÁULICOS	2	37000
PC	-	92	27600
MICROONDAS	-	1	800
Total			89500

6.2 Simulación en eQuest

A continuación, se exponen las principales consideraciones que se tuvieron en cuenta a la hora de simular el edificio:

- Se simuló un año entero con el objetivo de tener en cuenta la estacionalidad del consumo
- Se incluyó un paquete climatológico con la información de Buenos Aires. Teniendo en cuenta que la temperatura, humedad y horas de luz entre otros, impactaran directamente en el consumo de refrigeración de aire
- Se consideró la orientación cardinal del edificio con el objetivo de que el edificio tomé en cuenta los sectores calientes y fríos debido a la exposición al sol
- Todas las dimensiones del edificio fueron tomadas de los planos arquitectónicos
- Los materiales también fueron tomados de los planos arquitectónicos
- El incluyó el sistema de VRV. A partir de un instructivo provisto por Daikin® (la marca del sistema instalado en el ITBA). Para esto, se agregó un paquete con las curvas de eficiencia y consumo.
- Internamente el edificio se dividió en ambientes según como indican los planos arquitectónicos. A partir de esto, se indicaron los ambientes refrigerados y los no refrigerados
- Se tuvo en cuenta que el edificio tiene períodos de mayor y menor actividad durante el año. Siendo las vacaciones de invierno y verano los períodos de menor actividad. A modo de simplificación se consideró que durante este período sólo hay personal administrativo. Esto impacta directamente en el consumo eléctrico en acondicionamiento de aire, luminarias y otros equipos
- También se tuvo en cuenta el uso del edificio en franjas horarias día, tarde y noche ya que se consideró un distinto consumo para cada franja horaria. El fin de semana se consideró que tiene un consumo igual al de la noche.

A continuación, se puede visualizar una imagen del edificio simulado en tres dimensiones:



A continuación, las siguientes tablas muestran el resultado en MWh por tipo de consumo para cada mes del año simulado:

Tipo de consumo	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun
Space Cool	11,77	8,13	12,74	3,93	0,88	0
Heat Reject.	0	0	0	0	0	0
Refrigeration	0	0	0	0	0	0
Space Heat	0	0,01	0,32	1,2	3,73	7,99
HP Supp.	0	0	0	0,01	0,11	0,19
Hot Water	0	0	0	0	0	0
Vent. Fans	4,12	3,83	6,17	5,94	5,81	5,94
Pumps & Aux.	0,02	0,01	0,04	0,11	0,26	0,36
Ext. Usage	0	0	0	0	0	0
Misc. Equip.	3,16	2,86	5,97	5,74	5,61	5,75
Task Lights	0	0	0	0	0	0

Guía y análisis económico de la implementación de ISO 50001

Area Lights	2,87	2,59	5,31	5,08	4,62	5,08
Total	21,94	17,43	30,56	22	21,02	25,32

Tipo de consumo	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Space Cool	0,14	1,11	1,7	4,15	9,08	15,11	68,74
Heat Reject.	0	0	0	0	0	0	0
Refrigeration	0	0	0	0	0	0	0
Space Heat	5,93	6,25	2,89	0,6	0,09	0	29,02
HP Supp.	0,29	0,29	0,1	0	0	0	0,99
Hot Water	0	0	0	0	0	0	0
Vent. Fans	5,09	6,03	5,86	5,81	5,78	5,64	66,03
Pumps & Aux.	0,47	0,35	0,24	0,08	0,06	0	2
Ext. Usage	0	0	0	0	0	0	0
Misc. Equip.	4,38	5,85	5,62	5,6	5,5	5,24	61,29
Task Lights	0	0	0	0	0	0	0
Area Lights	3,79	5,08	4,85	4,62	4,62	4,58	53,1
Total	20,09	24,97	21,27	20,87	25,14	30,56	281,17

7. Bibliografía

- *Informe de Coyuntura del Mercado Argentino de Energía Eléctrica*. Buenos Aires. CLAVES Información Competitiva S.A. Septiembre 2016.
- *Relevamiento de expectativas de mercado*. Banco Central, Enero 2017. Disponible en: <http://www.bcra.gob.ar/Pdfs/PublicacionesEstadisticas/REM170131%20Resultados%20web.pdf>
- *Modeling guide for Daikin® VRV in eQuest*, Daikin® [en línea] Daikin® North America LLC (f.d) [consulta: 18 marzo 2017]. Disponible en: <<http://www.Daikin®ac.com/content/assets/DOC/Software-Tools/Modeling-guide-for-Daikin®-VRV-in-eQUEST.pdf>>
- *Department of Energy eGuide for ISO 50001*. Departamento de la energía de Estados Unidos [consulta: 18 marzo 2017]. Disponible en: <https://ecenter.ee.doe.gov/_layouts/ecenter/ppc.eguide/home.aspx#>
- PARRISH, Kristen y LEDEWITZ, Julia. *Early Lessons Learned from Building an ISO 50001: Conformant Energy Management System for MIT*. ACEEE, 2012.
- SINHAROY, Sinan. *Energy management at Georgia Tech: a guide and cost-benefit analysis of the ISO 50001 Standard*. Georgia Institute of technology, 2013
- *1st University Worldwide to Achieve ISO 50001 Certification*, case study, Enerit Software [consulta: 18 marzo 2017]. Disponible en: <<http://enerit.com/wp-content/uploads/2012/08/1.1-UCC-Case-Study-Final-Version-2012.pdf>>
- *ABB se convirtió en la primera empresa en obtener la certificación ISO 50001 en Argentina*. ABB en Argentina, 18 de Junio 2012 [consulta: 18 marzo 2017] Disponible en: <<http://www.abb.com.ar/cawp/seitp202/7a0ae2ca58c5636ec1257a21006880cc.aspx>>
- *La planta de GM Rosario es la primera de América con certificación ISO 50001*. iprofesional.com, 6 de junio 2013 [consulta: 18 marzo 2017]. Disponible en: <<http://www.iprofesional.com/notas/162391-La-Planta-de-GM-Rosario-es-la-primera-de-América-con-certificacin-ISO-50001>>
- ISO 50001:2011. Energy management systems – Requirements with guidance for use. Ginebra. ISO. 2011.
- Scarinci, Camila. *Eficiencia energética en edificios: El caso del ITBA*. Proyecto final, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, 2014.