



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO DE INGENIERÍA
INGENIERÍA EN SISTEMAS OPTIMACIÓN FINANCIERA

VIABILIDAD E IMPACTO EN EL VALOR DE LA EMPRESA EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS PARA EL AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA
ENERGÍA.

CASO DE ESTUDIO INDUSTRIA DE LAS ARTES GRÁFICAS.

T E S I S

Que para optar por el grado de Maestro en Ingeniería:

PRESENTA:

Martínez Rivera Crystian Aldo

TUTOR O TUTORES PRINCIPALES:

Facultad de Ingeniería: M.C. Jorge Eliecer Sánchez Cerón

MÉXICO, D.F. NOVIEMBRE 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Facultad de Ingeniería M.I. Silva Haro Jorge Luis.

Secretario: Facultad de Ingeniería Dr. Morales Camarena Jair Gabriel

Vocal: Consultor Facultad de Ingeniería M. C. Sánchez Cerón Jorge Eliecer

1^{er} Suplente: Facultad de Ingeniería M. en I. Sánchez Cifuentes Augusto

2^{do} Suplente: Facultad de Economía M. en I. Membrillo Zarco Víctor

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: México D.F.

TUTOR DE TESIS.

M.C. Jorge Eliecer Sánchez Cerón.

FIRMA

Agradecimientos:

A Dios por darme la fortaleza e iluminación para superar y continuar en la prueba de la vida.

A mis padres Agustín y Alicia por el buen ejemplo, amor y la dedicación, que me han brindado, a mi hermano Braulio Esteban por su eterna compañía.

A mi Familia por el apoyo incondicional que he tenido de cada uno de ellos.

A mis amigos porque siempre han estado, Charly Mijares se que siempre contare contigo, Eli “peque” por tu compañía y consejo, Liber sin importar tiempo o distancia siempre estas, a la nueva banda Luis Ricardo por tu amistad que espero sea larga, Moisés porque hay que relajarse, Handy por tu amistad sincera.

A Fabiola gracias por permitirme conocerte y descubrir lo excepcional que eres, espero contar y compartir contigo por mucho tiempo, asko maite zaitut eta beti kezkatu dut eskerrik asko.

A Judith Navarro por su amistad, guía y consejo, además del gran interés que mostro por este proyecto, gracias por ser parte fundamental de este trabajo.

A mis profesores por el apoyo e impulso para realizar este trabajo.

A la UNAM mi alma máter y al CONACYT por brindarme las herramientas y apoyo para continuar mi preparación académica.

Gracias a todos por ofrecerme ayuda, consejo, amor y amistad, siempre estaré eternamente en deuda y espero poder retribuir un poco de todo lo que me han dado.

“Aquellos que han tenido la oportunidad de aprender deben siempre estar a disposición de aquellos que no han tenido su beneficio”.

Su Majestad Imperial Haile Selassie I

“Un pueblo sin conocimiento de su historia, orígenes y cultura, es como un árbol sin raíces”.

Honorable profeta Marcus Mosiah Garvey

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	1
OBJETIVO.	3
HIPÓTESIS.	3
CAPÍTULO 1. SITUACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL MUNDO Y MÉXICO.	4
1.1 Situación energética mundial.	4
Consumo de energía eléctrica en el mundo.	5
Consumo de energía en el sector industrial del mundo.	7
1.2 Situación Energética en México	10
Consumo de energía eléctrica en México	10
Consumo de energía eléctrica en el sector industrial de México.	12
CAPÍTULO 2. PROYECTOS DE AHORRO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA DE APLICACIÓN EN EL SECTOR INDUSTRIAL.	14
2.1 Ahorro y uso eficiente de la energía	14
Ahorro de energía.	14
Uso eficiente de energía	16
2.2 Tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad.	17
Motores eléctricos	17
Controladores electrónicos de velocidad.....	19
Bombas y ventiladores.....	20
Control de procesos y Automatización.	21
Iluminación.....	21
Refrigeración industrial (conservación de alimentos).	26
Refrigeración industrial (acondicionamiento de espacios).....	27
2.3 Evaluación económica de proyectos energéticos	27
Métodos generales para evaluar inversiones en eficiencia energética	28
Valor presente neto (VPN)	28
Factor de recuperación del capital (FRC)	29
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	29
Período de recuperación simple (PRS).....	30
Período de recuperación descontada (PRD)	30

Tasa interna de retorno (TIR)	31
Costo del ciclo de vida (CCV) y costo del ciclo de vida anualizado (CCVA).....	32
Costo de ahorrar energía (CAE).....	32
2.4 Impacto en el valor de la empresa al implementar proyectos energéticos.....	33
Métodos de valuación de empresas.	34
Opciones reales.....	35
La fórmula de Black y Sholes para opciones financieras.....	36
Factores que determinan el valor de una opción financiera.	37
Diferencias entre una opción financiera y una opción real.	39
Cómo aplicar la teoría de opciones en una empresa.....	42
CAPÍTULO 3. RECURSOS ENERGÉTICOS EMPLEADOS EN LAS ARTES GRÁFICAS.	45
3.1 Artes gráficas.....	45
Historia de las artes gráficas	45
Artes gráficas en México.....	48
3.2 Recursos energéticos empleados y su importancia en el proceso productivo.	49
Energía eléctrica.....	51
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LAS VARIABLES ENERGÉTICAS.	52
4.1 Antecedentes	52
4.2 Análisis de consumo.....	53
Diagrama de flujo para el análisis del consumo de energía eléctrica	53
Uso final: iluminación.....	54
Uso final: movimiento de maquinaria.....	57
4.3 Planteamiento del problema.	60
Diagrama de flujo para el análisis de la problemática	60
Iluminación.....	61
Maquinaria.....	62
CAPÍTULO 5. EVALUACIÓN DE POSIBLES SOLUCIONES.....	65
Diagrama de flujo para la evaluación de las posibles soluciones.....	65
5.1 Iluminación.....	66
Situación Actual.	66
Propuesta de Mejora.	67
Evaluación de propuesta.....	68
5.2 Maquinaria.....	77
Situación Actual.	77

Propuesta de Mejora.	78
Evaluación de propuesta.....	79
CAPÍTULO 6. VALUACIÓN DE LA EMPRESA.....	85
6.1 Valuación de la empresa antes de la implementación del proyecto.	85
6.2 Valuación de la empresa después de la implementación de proyecto.....	87
CONCLUSIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	95
ANEXOS.	A
Anexo 1. Información para el proyecto de iluminación.....	A
Anexo 2. Información para los proyectos de control de la demanda.....	E

Índice de Tablas

TABLA 1. 1. CONSUMO MUNDIAL DE ENERGÍA POR REGIÓN OCDE Y NO OCDE 2008-2035 (**EN CUATRILLONES DE BTU).	5
TABLA 1. 2. GENERACIÓN NETA DE ELECTRICIDAD POR FUENTE DE ENERGÍA PARA LAS REGIONES OCDE Y NO OCDE 2008-2035 (**EN TRILLONES DE KILOWATTHORA).....	6
TABLA 1. 3. ENERGÍA MUNDIAL SUMINISTRADA AL SECTOR INDUSTRIAL POR REGIÓN Y FUENTE ENERGÉTICA, 2008-2035 (**EN CUATRILLONES DE BTU).	9
TABLA 1. 4. EVOLUCIÓN ESPERADA DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN, SERVICIO PÚBLICO (EN MW).	11
TABLA 2. 1. PRINCIPALES MÉTODOS DE VALUACIÓN.	34
TABLA 2. 2. CLASIFICACIÓN DE LAS OPCIONES REALES.	36
TABLA 2. 3. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN EL PRECIO DE UNA OPCIÓN FINANCIERA Y UNA OPCIÓN REAL.	40
TABLA 4. 1. TURNOS Y HORARIOS DE IMPRESORA Y ENCUADERNADORA PROGRESO S.A.....	53
TABLA 4. 2. HORARIOS DE FACTURACIÓN.	54
TABLA 4. 3. LEVANTAMIENTO DE LÁMPARAS, ESTIMADO DE CARGA TOTAL INSTALADA Y HORAS DE OPERACIÓN DEL PRIMER DOMINGO DE ABRIL A ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE.	55
TABLA 4. 4. LEVANTAMIENTO DE LÁMPARAS, ESTIMADO DE CARGA TOTAL INSTALADA Y HORAS DE OPERACIÓN DEL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE AL PRIMER DOMINGO DE ABRIL.	56
TABLA 4. 5. CARGA TOTAL DE ILUMINACIÓN INSTALADA Y CONSUMO TOTAL DEL PRIMER DOMINGO DE ABRIL A ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE	56
TABLA 4. 6. CARGA TOTAL DE ILUMINACIÓN INSTALADA Y CONSUMO TOTAL DEL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE AL PRIMER DOMINGO DE ABRIL.	56

TABLA 4. 7. HORAS Y EFICIENCIA DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA DEL PRIMER DOMINGO DE ABRIL AL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE.....	58
TABLA 4. 8. HORAS Y EFICIENCIA DE OPERACIÓN DE MAQUINARIA DEL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE AL PRIMER DOMINGO DE ABRIL.....	58
TABLA 4. 9. CARGA TOTAL INSTALADA DE MAQUINARIA, Y CONSUMO TOTAL DEL PRIMER DOMINGO DE ABRIL AL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE.	59
TABLA 4. 10. CARGA TOTAL INSTALADA DE MAQUINARIA, Y CONSUMO TOTAL DEL ÚLTIMO DOMINGO DE OCTUBRE AL PRIMER DOMINGO DE ABRIL.	59
TABLA 5. 1. ESCENARIO ANTERIOR SIN LÁMPARAS LED INSTALADAS.	69
TABLA 5. 2. CONSUMO DE ENERGÍA DEL ESCENARIO ANTERIOR SIN LÁMPARAS LED INSTALADAS.	70
TABLA 5. 3. ESCENARIO ACTUAL CON EL 25% DE LÁMPARAS LED INSTALADAS.	70
TABLA 5. 4. CONSUMO DE ENERGÍA DEL ESCENARIO ACTUAL CON EL 25% DE LÁMPARAS LED INSTALADAS.	70
TABLA 5. 5. ESCENARIO PRONOSTICADO CON EL 100% DE LÁMPARAS LED INSTALADAS.	71
TABLA 5. 6. CONSUMO DE ENERGÍA DEL ESCENARIO PRONOSTICADO CON EL 100% DE LÁMPARAS LED INSTALADAS.	71
TABLA 5. 7. COMPARATIVO DE CONSUMOS Y COSTOS EN LOS DIFERENTES ESCENARIOS Y HORARIOS TARIFARIOS.	73
TABLA 5. 8. HORAS Y AÑOS DE VIDA DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN.....	74
TABLA 5. 9. COSTO UNITARIO PARA CADA EQUIPO, COSTO TOTAL DE LOS EQUIPOS INSTALADOS Y COSTO DE LOS EQUIPOS A REEMPLAZAR.....	75
TABLA 5. 10. FLUJO DE EFECTIVO POR EL CAMBIO DE LÁMPARAS EN IEPSA.	76
TABLA 5. 11. ÍNDICES DE VALUACIÓN DEL PROYECTO.....	77
TABLA 5. 12. HORARIOS Y NÚMERO DE EMPLEADOS EN IEPSA, EN 2011.	77
TABLA 5. 13. ESTIMADO DE REDUCCIÓN EN CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA PARA VERANO E INVIERNO.....	80
TABLA 5. 14. POTENCIALES DE AHORRO EN LA FACTURACIÓN ELÉCTRICA.....	80
TABLA 5. 15. FLUJOS DE EFECTIVO DE CUANDO SE RECORRER UNA HORA EL HORARIO LABORAL.....	81
TABLA 5. 16. ÍNDICES DE VALUACIÓN CUANDO SE RECORRER UNA HORA EL HORARIO LABORAL.	81
TABLA 5. 17. ESTIMADOS DE POTENCIALES DE CONSUMO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA EN PERIODO DE PUNTA EN IEPSA 2011.	82
TABLA 5. 18. HORARIOS, NÚMERO DE TRABAJADORES Y COSTO DE NÓMINA EN IEPSA 2011.	82
TABLA 5. 19. MODIFICACIÓN DE TRABAJADORES Y NOMINA PARA EL CONTROL DE LA DEMANDA EN IEPSA 2011.	82
TABLA 5. 20. ESTIMADOS DE POTENCIALES DE DISMINUCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA CON UN CONTROL DE DEMANDA EN IEPSA 2011.	83
TABLA 5. 21. REDUCCIÓN EN LA FACTURACIÓN CON CONTROL DE LA DEMANDA.....	84
TABLA 5. 22. FLUJOS DE EFECTIVO DEL CONTROL DE LA DEMANDA.	84
TABLA 5. 23. ÍNDICES DE VALUACIÓN DEL CONTROL DE LA DEMANDA.	84
TABLA 6. 1. INGRESOS DE IEPSA EN LOS ÚLTIMOS CINCO AÑOS.....	86
TABLA 6. 2. ACTIVO DE IEPSA EN EL AÑO 2012.	86
TABLA 7. 1. COMPARATIVO DE CONSUMOS DE EQUIPOS ANTIGUOS Y EQUIPOS NUEVOS.....	92
TABLA 7. 2. COMPARATIVO DE HORAS DE VIDA DE LOS EQUIPOS.	92
TABLA 7. 3. COMPARACIÓN DE AHORROS PARA ESCENARIOS DE CONTROL DE LA DEMANDA.....	93

Índice de figuras

FIGURA 1. CRECIMIENTO EN LA GENERACIÓN MUNDIAL DE ELECTRICIDAD Y EL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ENTREGADA (ÍNDICE, 1990=1).....	6
FIGURA 2. GENERACIÓN NETA DE ELECTRICIDAD, 1990-2035 PARA OCDE Y NO OCDE (**EN TRILLONES DE KILOWATT HORA) ..	6
FIGURA 3. GENERACIÓN NETA DE ELECTRICIDAD POR REGIÓN 1990-2035 (**EN TRILLONES DE KILOWATT HORA)	7
FIGURA 4. CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR INDUSTRIAL REGIÓN OCDE Y NO OCDE, 2008-2035 (EN CUATRILLONES DE BTU).	9
FIGURA 5. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN BRUTA. SERVICIO PÚBLICO (EN MW).	11
FIGURA 6. VENTAS INTERNAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR, 2011	12
FIGURA 7 EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y PIB MANUFACTURERO, 1990-2011 (VARIACIÓN ANUAL).....	13
FIGURA 8. VARIACIÓN MEDIA ANUAL DE LAS VENTAS MÁS AUTOABASTECIMIENTO DE ELECTRICIDAD EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y EL PIB MANUFACTURERO 1980-2026. (%).....	13
FIGURA 9. EFICIENCIA DE UN MOTOR DE INDUCCIÓN EN FUNCIÓN DE LA CARGA.	18
FIGURA 10. FACTOR DE POTENCIA (FP) EN UN MOTOR DE INDUCCIÓN, EN FUNCIÓN DE LA CARGA EN AMPERES. (EFICIENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO BAJO FACTOR DE POTENCIA Y CARGA VARIABLE).	19
FIGURA 11. DESCOMPOSICIÓN DEL VALOR DE LAS OPCIONES.....	41
FIGURA 12. DISTRIBUCIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR DE LAS ARTES GRÁFICAS EN MÉXICO (2008).	49
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS POR ÁREAS EN IEPSA (KW).	57
FIGURA 15 FACTURACIÓN DE ENERGÍA EN IEPSA DE 2008-2012.	61
FIGURA 16. GRÁFICA DE PRODUCCIÓN DE IEPSA EN 2012	62
FIGURA 17. GRÁFICA DEL CONSUMO EN LOS DIFERENTES HORARIOS EN IEPSA EN 2012 (EN KWH)	63
FIGURA 18. GRÁFICA DEL COSTO DE FACTURACIÓN EN LOS DIFERENTES HORARIOS EN IEPSA EN 2012.	63
FIGURA 19. LÁMPARAS INSTALADAS EN IEPSA	66
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE LÁMPARAS INSTALADAS EN IEPSA DE ACUERDO A LA TECNOLOGÍA.....	67
FIGURA 21. DISTRIBUCIÓN DE LÁMPARAS INSTALADAS EN IEPSA DE ACUERDO A LAS HORAS DE USO.....	67
FIGURA 22. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LÁMPARAS LED.....	68
FIGURA 23. DEMANDA DE ENERGÍA EN IEPSA 2012.	78
FIGURA 24. DEMANDA FACTURABLE Y DEMANDA PUNTA ESTIMADA.	79

Introducción.

El cambio climático ha originado notables modificaciones, como el aumento de las temperaturas, el deshielo de los glaciares, el incremento de las sequías y las inundaciones. Debido a estos cambios se han llevado a cabo reuniones internacionales con el fin de mitigar este fenómeno.

En 1997, con la celebración de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, realizada en Kioto, Japón, se llegó al acuerdo y adopción del Protocolo de Kioto, cuyo objetivo principal; fue la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); este objetivo se consideró de carácter obligatorio para las principales economías mundiales; que en su momento lo hayan aceptado¹. A partir del surgimiento de este tipo de acuerdos en el mundo, el interés por la innovación e implementación de sistemas y tecnologías que contribuyan a la reducción de GEI, son tema crucial para el desarrollo y sustentabilidad de toda nación, por esta razón el ahorro y uso eficiente de energéticos primarios y secundarios² ha despertado gran interés en las diferentes ramas del conocimiento desarrollando e innovando sistemas, tecnologías y metodologías para su mejor aprovechamiento.

En este contexto, este trabajo mostrará las necesidades en el consumo de energía eléctrica en la industria de las artes gráficas, así como, las posibilidades de ahorro y uso eficiente de este energético y como la implementación de estas alternativas afectan el valor de la empresa; para llevar a cabo esta investigación se realizó el estudio en la industria Impresora y Encuadernadora Progreso S.A. (IEPSA), en donde se mostro un interés por implementar estas alternativas; por tal motivo, en esta investigación en el primer capítulo se aborda como precedente una breve descripción de la situación energética actual en el mundo y en México, principalmente de energía eléctrica, se presenta el consumo de energía para el sector industrial mundial, así como, el consumo de energía eléctrica para el mismo sector en México, además de mostrar la prospectiva de la misma, dadas las condiciones actuales de consumo; en el segundo capítulo, se muestra la diferencia que existe entre ahorro y uso eficiente de la energía, se presentan las alternativas de ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica aplicadas para el sector

¹ NACIONES UNIDAS. 1998. Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático * Nueva tirada por razones técnicas. FCCC/INFORMAL/83 * GE.05-61702 (S) 130605 130605.

² Energético primario, cuando el energético proviene desde un recurso natural.

Energético secundario, cuando el energético proviene de la transformación de otro energético ya procesado.

industrial, esto como alternativa para la reducción en el consumo de energía eléctrica, ya que, este sector representa el segundo lugar de consumo energético nacional³; también en este capítulo se presentan como herramientas, la metodología de valuación y las metodologías para evaluar el impacto en el valor de la empresa cuando se implementan dichas alternativas y así poder validar cuando se deben o no implementar; en el tercer capítulo se analiza el sector de las artes gráficas como caso de estudio, se analiza la importancia que tiene el sector en el mundo y en México y la relevancia de los energéticos empleados en el proceso productivo. Como cuarto capítulo se realiza el estudio energético de la empresa de estudio en cuestión, se presenta una breve historia de la evolución de la empresa desde su fundación hasta el estado actual, se realiza el análisis de las principales cargas, se determina el consumo eléctrico como energético principal en las principales áreas y actividades que desarrolla la empresa, se plantea la problemática observada en cuanto al consumo de energía eléctrica que hoy en día tiene; todo esto con el objetivo de plantear alternativas de solución en las diferentes áreas de consumo, evaluarlas y determinar la viabilidad de las mismas, lo cual se trata dentro del capítulo cinco y para finalizar, el capítulo seis mediante la metodología de opciones reales se analiza el impacto en el valor de la empresa cuando se implementan acciones de este tipo esto con la finalidad de dar mayores argumentos para realizar la implementación de proyectos que involucran el ahorro y uso eficiente de la energía.

³ Secretaria de Energía ,Sistema de información energética disponible para consultar en: <http://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvequa=IE7C02>

Objetivo.

Los objetivos de esta Tesis son:

- Medir el impacto en el valor de la empresa (Industria de las artes gráficas IEPISA) después de la implementación de proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía.
- Evaluar la implementación de sistemas y/o tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía.
- Identificar oportunidades dentro del sector de las artes gráficas en donde sea rentable la implementación de sistemas y/o tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía.

Hipótesis.

- La implementación de proyectos para el ahorro y uso eficiente de la energía, aumentan el valor de la empresa.

Capítulo 1. Situación de energía eléctrica en el mundo y México.

1.1 Situación energética mundial.

En la civilización moderna, la disponibilidad de energía está fuertemente ligada al nivel de bienestar, a la salud y a la duración de vida del ser humano. En realidad vivimos en una sociedad que depende totalmente de la energía. En esta sociedad, los países más pobres muestran los consumos más bajos de energía, mientras que los países más ricos utilizan grandes cantidades de la misma. Sin embargo este escenario está cambiando de forma drástica, cambio que se acentuará en los próximos años, donde serán precisamente los países en vías de desarrollo quienes experimenten con mayor rapidez un aumento en su consumo de energía debido al incremento que tendrán tanto en sus poblaciones como en sus economías⁴. El consumo de energía en el mundo se incrementará en un 53% entre 2008 y 2035 (International Energy Outlook 2011, IEO 2011)³, a pesar de que se espera que el aumento de precios tanto del petróleo como del gas natural continúe. Gran parte de este incremento será producido por los países con economías emergentes. Se prevé que el consumo de energía experimente un incremento medio de un 2.3% por año en los países ajenos a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE por sus siglas en inglés), mientras que en los países miembros será tan solo del 0.6% (Tabla 1.1); así, durante este periodo, los países de la OCDE incrementarán su demanda energética en un 24%, mientras que el resto de países lo harán al 95%. En cifras, el uso total de energía en el mundo crecerá.

⁴ Estados Unidos de América. Administración de información de Energía (2011). INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO). 2011. (disponible para consultar en: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>).

Tabla 1. 1. Consumo mundial de energía por región OCDE y no OCDE 2008-2035 (**en cuatrillones de BTU).

Region	2008	2015	2020	2025	2030	2035	Cambio medio por ciento anual 2008-2035
OCDE	244.3	250.4	260.6	269.8	278.7	288.2	0.6
Americas	122.9	126.1	131.0	135.9	141.6	147.7	0.7
Europa	82.2	83.6	86.9	89.7	91.8	93.8	0.5
Asia	39.2	40.7	42.7	44.2	45.4	46.7	0.6
No OCDE	260.5	323.1	358.9	401.7	442.8	481.6	2.3
Europa y Euroasia	50.5	51.4	52.3	54.0	56.0	58.4	0.5
Asia	137.9	188.1	215.0	246.4	274.3	298.8	2.9
Medio Oriente	25.6	31.0	33.9	37.3	41.3	45.3	2.1
Africa	18.8	21.5	23.6	25.9	28.5	31.4	1.9
Sur y centro de America	27.7	31.0	34.2	38.0	42.6	47.8	2.0
Mundo	504.7	573.5	619.5	671.5	721.5	769.8	1.6

**Nota: Un cuatrillón de BTU equivale a un millón de mil millones (1×10^{15}) de unidades termales inglesas. Un cuatrillón de Btu por año es el equivalente energético de aproximadamente 500,000 barriles de petróleo por día.⁵ Fuente: Elaboración propia con datos de (IEO 2011)

Consumo de energía eléctrica en el mundo.

La electricidad suministra una proporción cada vez mayor de la demanda mundial de energía total, y crece el consumo de electricidad más rápidamente que el consumo de combustibles líquidos⁶, gas natural o carbón en todos los sectores de uso final, excepto en el transporte. De 1990 a 2008, el crecimiento en la generación de electricidad neta superó el crecimiento del consumo de energía entregada (3.0% y 1.8% anual, respectivamente). La demanda mundial de electricidad aumenta en un 2.3 por ciento por año desde 2008 hasta 2035 y se espera crecimiento del consumo de energía total a lo largo del periodo de proyección (Figura 1).

La generación mundial de electricidad aumenta un 84% (IEO 2011), a partir de 19.1 mil millones kilovatios-hora en 2008 hasta 25.5 mil millones de kilovatios-hora en 2020 y 35.2 mil millones de kilovatios-hora en 2035 (Tabla 1.2). En general, el crecimiento proyectado en los países de la OCDE, donde los mercados de la electricidad están bien establecidos, es más lento que en los que no son miembros de la OCDE, donde una gran cantidad de

⁵ Estados Unidos de América. Consejo Nacional del Petróleo (2007). Hard Truths Enfrentando el grave problema energético. (disponible para consultar en: http://www.npc.org/Hard_Truths-Translations/HARDTRUTHS_Spanish.pdf).

⁶ Petróleo y otros combustibles líquidos derivados del petróleo y combustibles líquidos no derivados del petróleo, como el etanol y el biodiesel, carbón-a-líquidos, gas-a-líquidos. El coque de petróleo, que es un sólido, se incluye. También se incluyen los líquidos de gas natural, el petróleo que se consume como combustible e hidrógeno líquido.

demanda no está aún satisfecha. La Agencia Internacional de Energía (EIA por sus siglas en inglés) estima que el 21 % de la población mundial no tiene aún acceso a la electricidad⁷.

Figura 1. Crecimiento en la generación mundial de electricidad y el consumo total de energía entregada (índice, 1990=1).

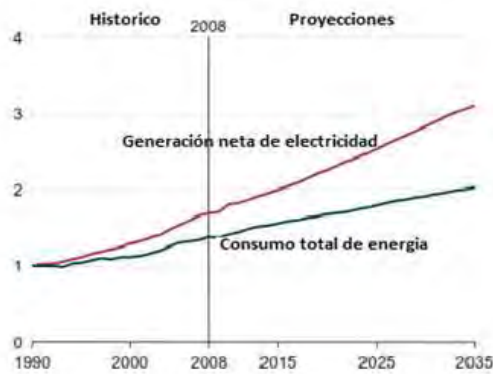
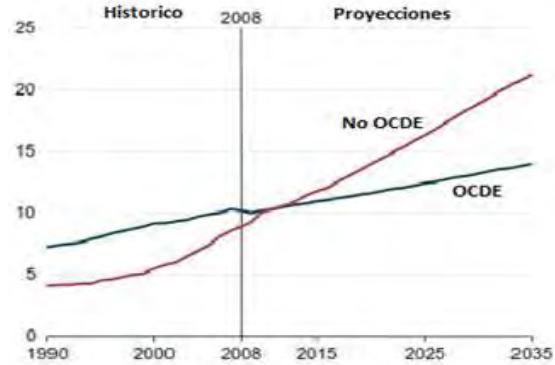


Figura 2. Generación neta de electricidad, 1990-2035 para OCDE y no OCDE (**en trillones de Kilowatt hora).



**Nota: Un trillón equivale a un billón de millones (1×10^{12}) de unidades de Kilowatt hora.

Fuente: Elaboración propia con datos de IEO 2011.

Tabla 1. 2. Generación neta de electricidad por fuente de energía para las regiones OCDE y no OCDE 2008-2035 (**en trillones de kilowatt hora).

Region	2008	2015	2020	2025	2030	2035	Cambio medio por ciento anual 2008-2035
OCDE							
Líquidos	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	-0.8
Gas natural	2.3	2.5	2.7	2.9	3.4	3.8	1.8
Carbon	3.6	3.3	3.4	3.5	3.6	3.8	0.2
Nuclear	2.2	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	1.0
Renovables	1.8	2.3	2.7	2.9	3.1	3.2	2.2
Total OCDE	10.2	10.9	11.6	12.4	13.2	13.9	1.2
No OCDE							
Líquidos	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	-1.0
Gas natural	1.8	2.4	3.0	3.5	4.1	4.6	3.4
Carbon	4.1	5.2	5.6	6.7	7.9	9.1	3.0
Nuclear	0.4	0.7	1.2	1.5	1.7	2.0	6.0
Renovables	1.9	2.8	3.6	4.0	4.5	5.0	3.7
Total No OCDE	8.9	11.8	13.9	16.3	18.8	21.2	3.3
Mundo							
Líquidos	1.0	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	-0.9
Gas natural	4.2	4.9	5.6	6.5	7.5	8.4	2.6
Carbon	7.7	8.5	8.9	10.2	11.5	12.9	1.9
Nuclear	2.6	3.2	3.7	4.2	4.5	4.9	2.4
Renovables	3.7	5.1	6.3	7.0	7.6	8.2	3.1
Total en el mundo	19.1	22.7	25.5	28.7	31.9	35.2	2.3

Nota: el total puede no ser igual a la suma de sus componentes debido al redondeo independiente.

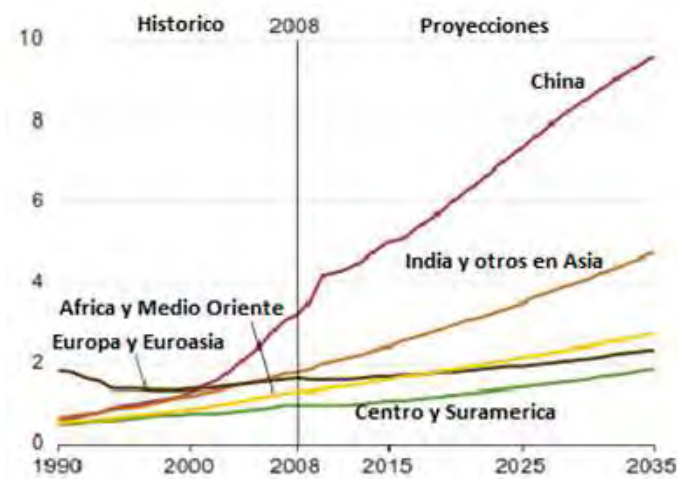
** Nota: Un trillón equivale a un billón de millones (1×10^{12}) de unidades de Kilowatt hora.

Fuente: Elaboración propia con datos de IEO 2011.

⁷Estados Unidos de América. Administración de información de Energía (2011). INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO). 2011. (disponible para consultar en: [http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf))

Para países que no son miembros de OCDE el consumo para 2008 fue del 47% del suministro mundial total de electricidad y se estima que aumente en el periodo proyectado. En 2035, las naciones no OCDE representaran el 60% del consumo mundial de electricidad, mientras que para los miembros OCDE compartirán el 40% restante (Figura 2). El total de la generación neta de electricidad en países no OCDE aumenta en un promedio del 3.3%, dirigido por el incremento anual promedio de 4.0%, particularmente de Asia, incluyendo China y la India (Figura 3). Por el contrario, la producción total neta de las naciones de la OCDE crece en un promedio de sólo 1.2% por año desde 2008 hasta 2035.

Figura 3. Generación neta de electricidad por región 1990-2035 (**en trillones de kilowattthora).



** Nota: Un trillón equivale a un billón de millones (1×10^{12}) de unidades de Kilowattthora.

Fuente: Elaboración propia con datos IEO 2011.

Consumo de energía en el sector industrial del mundo.

A nivel mundial el sector industrial lo constituyen diversos sectores que incluye a las industrias manufactureras (alimentos, papel, productos químicos, refinación, hierro y acero, metales no ferrosos y minerales no metálicos, entre otros) y las industrias no manufactureras (agricultura, minería, y la construcción). Siendo la elaboración de productos químicos, hierro y acero, minerales no metálicos, papel y metales no ferrosos, los de mayor consumo en éste sector.

La demanda de energía en el sector industrial varía entre regiones y países, dependiendo de la composición de la actividad económica y del desarrollo tecnológico, entre otros factores. La energía que consume el sector industrial está destinada para una amplia gama

de actividades, involucradas con el proceso, el acondicionamiento de espacios y la iluminación. El uso de la energía en éste sector también incluye la utilización particular del gas natural y de productos derivados del petróleo (nafta y líquidos de gas natural) que se usan como materias primas para producir los productos no energéticos, como los plásticos. En conjunto, el sector industrial consume más energía que cualquier otro sector, y es el consumidor de aproximadamente la mitad de la energía total suministrada en el mundo⁸.

Durante el período proyectado por la EIA de 2008 a 2035, el consumo mundial de energía en el sector industrial crece a partir de 191 cuatrillones de BTU en 2008 a 288 cuatrillones BTU en 2035 (Tabla 1.4). La demanda mundial de energía en dicho sector aumenta en promedio un 1.5% por año hasta el 2035. (La mayor parte del crecimiento de la demanda energética del sector industrial se produce en los países fuera de la OCDE). En la actualidad, las economías no OCDE consumen el 62% de la energía mundial. De 2008 a 2035, el consumo de energía en el sector industrial en los países que no son miembros de la OCDE crece a un promedio del 2.0% anual, frente al 0.5% al año en los países de la OCDE (Figura 4). Por lo tanto, el 89% del crecimiento del consumo de energía en el sector industrial desde 2008 hasta 2035 ocurriría en países no pertenecientes a la OCDE, representando el 71% de la energía total suministrada en el sector industrial del mundo en 2035.⁹

⁸ Estados Unidos de América. Administración de información de Energía (2011). INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO). 2011. (disponible para consultar en: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>).

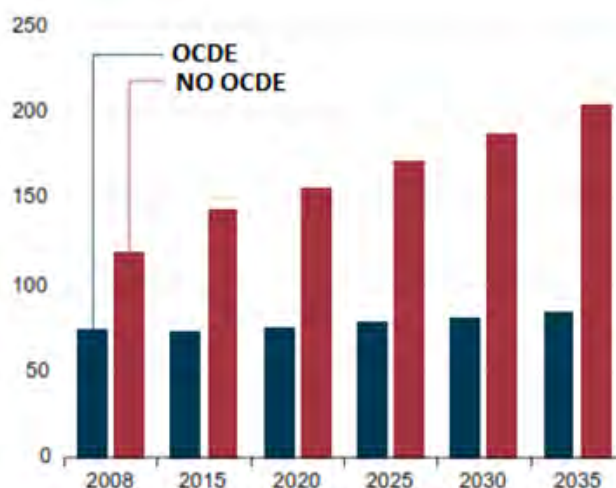
⁹ Estados Unidos de América. Administración de información de Energía (2011). INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO). 2011. (disponible para consultar en: <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/>)

Tabla 1. 3. Energía mundial suministrada al sector industrial por región y fuente energética, 2008-2035 (**en cuatrillones de BTU).

Region	2008	2015	2020	2025	2030	2035	Cambio medio por ciento anual 2008-2035
OCDE							
Petroleo y sus derivados	28.1	26.2	27.0	27.4	27.6	28.0	0.0
Gas natural	19.1	20.2	21.2	21.9	22.9	24.0	0.9
Carbon	9.2	8.6	8.6	8.8	9.0	9.2	0.0
Electricidad	11.4	11.5	12.3	13.0	13.7	14.4	0.9
Renovables	5.3	5.4	6.1	7.0	7.6	8.0	1.5
Total OCDE	73.0	72.0	75.2	78.1	80.7	83.6	0.5
No OCDE							
Petroleo y sus derivados	27.2	31.2	32.2	34.4	37.5	40.6	1.5
Gas natural	25.0	29.4	33.1	36.9	41.1	45.6	2.2
Carbon	40.7	52.7	56.0	59.9	63.3	66.2	1.8
Electricidad	16.5	20.9	24.0	28.1	32.5	37.0	3.0
Renovables	8.9	10.0	11.2	12.4	13.8	15.2	2.0
Total No OCDE	118.3	144.2	156.3	171.8	188.1	204.5	2.0
Mundo							
Petroleo y sus derivados	55.3	57.5	59.2	61.9	65.1	68.6	0.8
Gas natural	44.0	49.7	54.3	58.8	63.9	69.5	1.7
Carbon	49.8	61.2	64.5	68.7	72.3	75.5	1.5
Electricidad	27.9	32.4	36.3	41.1	46.1	51.4	2.3
Renovables	14.2	15.4	17.2	19.4	21.4	23.2	1.8
Total en el mundo	191.3	216.2	231.5	249.9	268.8	288.2	1.5

**Nota: Un cuatrillón de BTU equivale a un millón de mil millones (1×10^{15}) de unidades termales inglesas. Un cuatrillón de BTU por año es el equivalente energético de aproximadamente 500,000 barriles de petróleo por día. Fuente: Elaboración propia con datos de (IEO 2011).

Figura 4. Consumo de energía del sector industrial región OCDE y no OCDE, 2008-2035 (en cuatrillones de BTU).



**Nota: Un cuatrillón de BTU equivale a un millón de mil millones (1×10^{15}) de unidades termales inglesas. Un cuatrillón de BTU por año es el equivalente energético de aproximadamente 500,000 barriles de petróleo por día. Fuente: Elaboración propia con datos de (IEO 2011).

1.2 Situación Energética en México

El sector energético es fundamental para el desarrollo del país. El suministro de energéticos con calidad y suficiencia contribuye, en gran medida, a un mayor bienestar de la población, a la realización de las actividades productivas, al crecimiento económico y a la competitividad del país en el escenario internacional.

La seguridad energética es para México un objetivo central, debido a que nuestro consumo de energéticos depende, principalmente, del petróleo y del gas natural¹⁰. Por ello, y con el objetivo de reducir los riesgos inherentes al alto consumo de combustibles fósiles, es conveniente que la matriz energética incluya una mayor participación de fuentes renovables, así como, un mejor aprovechamiento de las fuentes existentes.

En este sentido, se deben aprovechar, las tecnologías de eficiencia energética y de aprovechamiento de las fuentes renovables de energía. Además, los usuarios de las tecnologías de eficiencia y de aprovechamiento de las fuentes renovables resultan beneficiados mediante ahorros en los gastos que realizan por el pago de insumos energéticos.

Consumo de energía eléctrica en México

En México la planeación de largo plazo del sector eléctrico debe garantizar el suministro de energía eléctrica a todos los sectores de la población, así como, el cumplimiento de los objetivos y metas planteadas para el desarrollo sustentable del país. Para ello, la Secretaría de Energía coordina la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, cuyos resultados se plasman anualmente en la Prospectiva del Sector Eléctrico, la cual se fundamenta en el Artículo 69 del reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).¹¹

Dicha planeación incorpora aspectos esenciales, tales como el margen de reserva de capacidad de generación y la diversificación del portafolio de generación con una mayor

¹⁰ México. Secretaría de Energía, SENER (2012). Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026. (disponible para consultar en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PP_2012_2026.pdf).

¹¹ México. Secretaría de Energía, SENER (2012). Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026. (disponible para consultar en: http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PSE_2012_2026.pdf).

participación de fuentes no fósiles. De manera que estos temas se encuentran delineados en la Estrategia Nacional de Energía y son congruentes con las estrategias y líneas de acción del Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (Pronase).

Las perspectivas indican que para el periodo 2011-2026, el servicio público requerirá adiciones de capacidad de 44,532 MW. Dicho monto incluye los incrementos de capacidad resultantes de los trabajos de rehabilitación y mantenimiento (RM) que realiza la Subdirección de Generación, los cuales ascienden a 538.8 MW. A su vez, éstos se distribuyen en las unidades de la nucleoelectrica Laguna Verde (255 MW); en la central termoeléctrica Altamira (16 MW), en la carboeléctrica Río Escondido (120 MW), en El Sauz U5 (7MW) y en varias centrales hidroeléctricas (Figura 5 y tabla 1.4).

Figura 5. Evolución de la capacidad de generación bruta. Servicio Público (en MW).



Fuente: Prospectiva de crecimiento SENER, con datos de CFE.

Tabla 1. 4. Evolución esperada de la capacidad de generación, servicio público (en MW).

Capacidad	2011*	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
A diciembre del año anterior																
adiciones	52,947	52,363	54,325	56,495	56,462	58,058	58,443	60,830	64,346	66,270	67,887	72,191	74,232	76,892	79,089	83,048
por año	334	1,973	3,142	537	2,115	1,863	3,177	3,857	2,724	3,021	4,954	2,361	2,884	3,386	4,242	3,424
Incrementos en RM																
por año	7	310	28	58	68	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Retiros por año	924	321	1,000	628	587	1,546	790	341	800	1,404	650	320	224	1,189	283	700
A diciembre de cada año	52,363	54,325	56,495	56,462	58,058	58,443	60,830	64,346	66,270	67,887	72,191	74,232	76,892	79,089	83,048	85,772

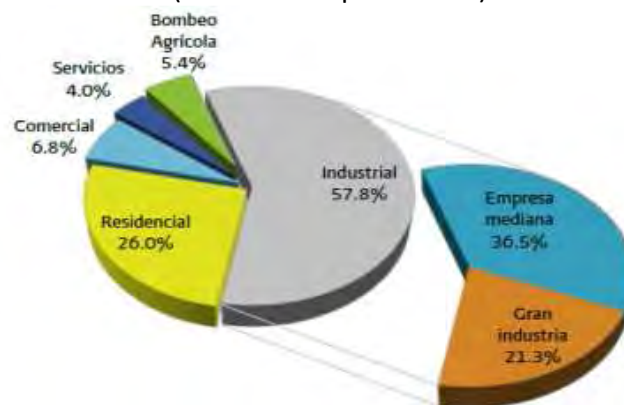
*Estimado con información disponible a noviembre de 2011

Fuente: Elaboración propia extraída de Prospectiva de crecimiento SENER con datos de CFE.

Consumo de energía eléctrica en el sector industrial de México.

En México y el mundo el sector industrial se caracteriza por su alto consumo de energía eléctrica además por los extensos patrones de horarios de demanda que tiene; asimismo, se asocia a los procesos de transformación y los sistemas productivos. En 2011 el sector industrial consumió 57.8% de las ventas del servicio público (Figura 6); es decir, 116,984 GWh. De este total, 63.1% correspondió a la empresa mediana y 36.9% a gran industria.¹²

Figura 6. Ventas internas de energía eléctrica por sector, 2011
(Distribución porcentual)

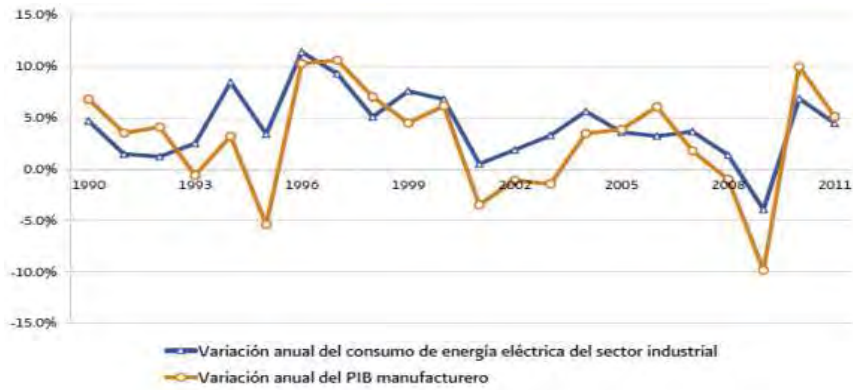


Fuente Prospectiva del sector eléctrico 2012-2026 SENER, 2013, con datos de CFE.

En la última década, la implementación de medidas encaminadas a incrementar la eficiencia energética para el aprovechamiento racional y sustentable de la electricidad en la industria, así como la adopción de nuevas tecnologías, condujo a una reducción en su intensidad energética, sin embargo, el aumento en el número de ventas en el sector origino un incremento en 2011. La intensidad energética es un indicador que relaciona el consumo energético de un sector y el valor agregado de la producción; por lo que actualmente se requiere menos electricidad para generar un peso de Producto Interno Bruto (PIB) en la industria (Figura 7).

¹² México Secretaria de Energía (SENER 2013). Prospectiva del sector eléctrico 2012-2026. (disponible para consultar en: http://www.aiest.unam.mx/biblio/PSE_2012_2026.pdf)

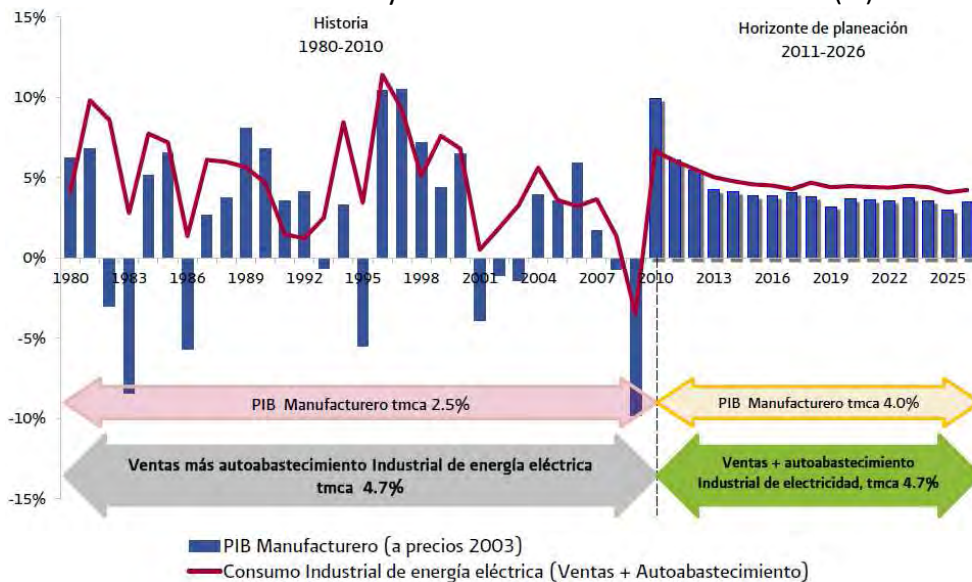
Figura 7 Evolución del consumo de energía en el sector industrial y PIB manufacturero, 1990-2011 (Variación anual)



Fuente: SENER, con información de INEGI y CFE.

Se estima que para el periodo 2011-2026, las ventas destinadas al sector industrial crecerán 4.7% promedio anual.¹¹ Es importante mencionar que el sector tarifario industrial tendrá el mayor peso específico en el consumo de energía eléctrica en dicho periodo. Lo anterior se debe a que la industria es intensiva en el uso de la energía; las ventas de energía eléctrica de dicho sector, más autoabastecimiento se encuentran estrechamente correlacionadas con la evolución del PIB manufacturero que se estima crecerá 4.0% promedio anual a lo largo del periodo. (Figura 8).

Figura 8. Variación media anual de las ventas más autoabastecimiento de electricidad en el sector industrial y el PIB manufacturero 1980-2026. (%)



Fuente Prospectiva del sector eléctrico 2012-2026 SENER, 2013, con datos de CFE.

Capítulo 2. Proyectos de ahorro y uso eficiente de la energía de aplicación en el sector industrial.

2.1 Ahorro y uso eficiente de la energía

Todos los países experimentan la necesidad de disponer de energía eléctrica abundante y barata, para sustentar a sus sectores productivos y propiciar el desarrollo económico y social de su población. Como consecuencia, se enfrentan a un crecimiento constante en la demanda eléctrica, lo cual presiona a invertir en nuevas plantas generadoras. Al mismo tiempo, este crecimiento en el consumo de las fuentes primarias de energía¹³ genera aumentos en sus precios y, sobre todo, un tremendo incremento en el daño ecológico producido por la quema indiscriminada de combustibles fósiles.

A las circunstancias anteriores, hay que sumar la globalización creciente de la economía, que impone, a quien pretenda colocar sus productos en los mercados, la necesidad de elevar su eficiencia y competitividad, mejoría que es posible eliminando desperdicios en su proceso de producción, tanto en materiales y mano de obra, como en el uso de la energía, particularmente, la energía eléctrica, que es un insumo clave, al incidir de manera sustancial en los costos de operación y en la productividad.

Ahorro de energía.

Hoy en día el consumo de energía alrededor del mundo ha ido en aumento, el cambio climático, el alza en los precios de los combustibles fósiles y la alta demanda de los energéticos para mejorar la calidad de vida, ha originado un interés por el ahorro en cualquier nación, es por ello que alrededor del mundo se han impulsado una serie de medidas y programas para el ahorro, uso racional y eficiente de la energía; México no ha sido la excepción, a partir de 1980¹⁴ se comenzó con actividades referentes al ahorro de

¹³ Se consideran como fuentes de energía primaria a las que se obtienen directamente de la naturaleza como los casos de: la energía solar, la hidráulica, la eólica, la leña, los productos de caña y otros combustibles de origen vegetal y animal, o bien, después de un proceso de extracción como, el petróleo, el gas natural, el carbón mineral, u otros como el recurso de la geoenergía, y el recurso de la nucleenergía, etc.

¹⁴Santiago de Chile (2005). Ing. Odón de Buen. La Experiencia de México en Ahorro de Energía. (disponible para consultar en: <http://www.cepal.org/dnri/noticias/noticias/2/22062/Odon.pdf>).

energía, que posteriormente se convirtieron en programas de carácter técnico, tecnológico e informativo llevados con gran éxito hasta la actualidad.

Entonces, se dice que el ahorro de energía involucra una serie de medidas en las diferentes áreas de una vivienda, industria o nación. Estas medidas no solo contemplan la racionalización, o la renovación de equipo sino también el cambio de hábitos en el uso de la energía, el cual en la mayoría de los casos suele ser la mejor inversión para el ahorro. Por tal motivo hablar de ahorro de energía, involucra una serie de actividades y seguimiento de las mismas, para poder llevar a cabo el denominado “ahorro de energía programado”.

Para el caso de México la planeación, desarrollo e implementación de programas se ha llevado con gran éxito desde la década de los 80 a partir de sus inicios el orden cronológico se presenta a continuación¹⁵:

1980: Creación del Programa Nacional de Uso Racional y Eficiente de la Energía (PRONUREE)

1989: Primer programa ahorro de la energía del lado de la demanda: Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda (FIPATERM) y creación de la Comisión Nacional de Ahorro de Energía (Conae).

1990: Nace el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE).

1991: Se inician proyectos de iluminación en casas.

1993: La Secretaría de Energía (SENER), a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), constituye el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE).

1995: Arranca el programa ILUMEX y se publican las primeras tres Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética.

1996: Se establece el Horario de Verano en México y los programas de incentivos del FIDE

1997: Aparece la página de Conae en Internet

1999: Conae se convierte en órgano desconcentrado de la Secretaria de Energía (SENER) y se inicia el programa de ahorro de energía en la Administración Pública Federal (APF)

2000: Pemex restablece su programa de ahorro de energía

2003: Se homologan normas técnicas de ahorro de energía con Canadá y Estados Unidos (a saber: refrigeradores, motores eléctricos y AC).

¹⁵ Santiago de Chile (2005). Ing. Odón de Buen. La Experiencia de México en Ahorro de Energía. (disponible para consultar en: <http://www.cepal.org/drni/noticias/noticias/2/22062/Odon.pdf>).

2007: Se publica el Programa para la Promoción de Calentadores Solares de Agua en México (Procalsol).

2008: Se publica “Ley para el aprovechamiento sustentable de la energía” y se crea “El programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía”.

2009: Arranca “El programa nacional para el aprovechamiento sustentable de la energía”, se implementa el programa piloto de sustitución de lámparas incandescentes; donde se pretendía reemplazar 500,000 focos incandescentes por lámparas fluorescentes compactas, inicia el programa “Cambia tu refrigerador viejo por uno nuevo”.

2010: Se aprueba la Ley para dejar de fabricar lámparas incandescentes en México.

Uso eficiente de energía

El uso eficiente de la energía (UEE) constituye una de las más importantes opciones tecnológicas para enfrentar los problemas de los altos consumos. De hecho, esta opción no es nueva; a principios de los setenta la gran mayoría de los países industrializados adoptaron agresivas políticas de racionalización de la energía para enfrentar los severos aumentos en los precios del crudo y los elevados grados de incertidumbre que se instalaban en los mercados de la energía.

Sin embargo, se afirma que el UEE no es una opción válida para los países en desarrollo, los que antes de pensar en «economías» de energía, deberían aumentar su consumo para mecanizar su actividad productiva y mejorar las condiciones de vida de la población. Esta argumentación contiene un error, ya que el uso eficiente de la energía no consiste en racionar o reducir los servicios que ésta presta sino en utilizarla mejor. En consecuencia, el problema no es la cantidad de energía empleada sino la forma más económica de asegurar la calidad térmica y ambiental de los hogares, iluminar adecuadamente las áreas productivas, de esparcimiento y domésticas, transportar personas y mercancías, proporcionar fuerza motriz a equipos y máquinas entre otras.

La eficiencia energética sólo tiene sentido en la medida que permite reducir los costos globales de producción. Ello implica considerar, no sólo el costo total de los equipos nuevos, en los casos de reemplazo de equipos existentes en uso, o la inversión incremental al seleccionar equipos nuevos, los equipos eficientes cuestan, en general, más que los equipos estándares sino que además, se debe considerar, los costos diferenciales de operación y mantención de los equipos eficientes respecto de los estándares, las diferencias de productividad entre ambas opciones, entre otras.

2.2 Tecnologías para aumentar la eficiencia en el uso de la electricidad.

La incorporación de tecnologías energéticamente eficientes debe tomarse en cuenta, para la obtención de un potencial de ahorro económico y energético, además, una opción de elevado efecto y bajo costo tiene que ver con la adopción de adecuadas prácticas de operación y mantención de los equipos, las que normalmente constituyen una de las primeras medidas que adoptan las empresas que abordan estrategias de mejoramiento de la eficiencia con que se usa la electricidad. A continuación se describen brevemente las opciones disponibles para el empresario o usuario, el proyectista y el instalador eléctrico, indicando cuando corresponda, los rendimientos habituales de los equipos estándares y eficientes.

Motores eléctricos

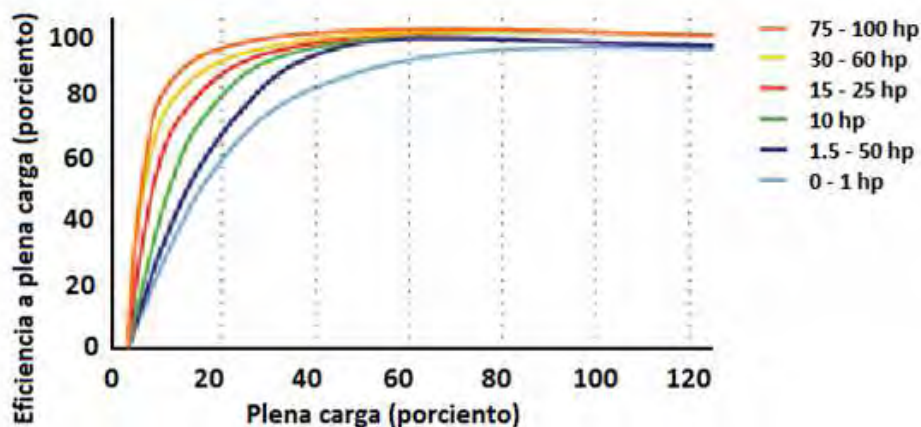
Lo que caracteriza un motor estándar a uno de alta eficiencia, es valga la redundancia, la eficiencia o rendimiento, este se puede definir como el cociente entre la potencia mecánica de salida del motor y la potencia eléctrica entregada al mismo, siendo las pérdidas la diferencia entre la potencia eléctrica y la mecánica.

Las distintas normas internacionales distinguen a los motores eficientes, del estándar; en general, el rendimiento de los primeros, para distintos niveles de carga, es siempre superior al de los motores estándar. Sin embargo, no existe una definición única a nivel mundial y es posible apreciar; incluso, dentro de un mismo país, motores eficientes que presentan rendimientos distintos según el fabricante, esto sin violar las normas nacionales. Para el caso de México es importante señalar que la norma NOM-014-ENER-2004. "Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal DE 0,180 kW A 1,500 kW"; y de igual manera la NOM-016-ENER-2010," Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 a 373 kW"; es en donde se establece claramente los límites paramétricos de motores eficientes y aquellos que no lo son dentro del mercado nacional.

Los factores a tomar en cuenta en el rendimiento, es el factor de carga, debido a que el rendimiento varía con dicho factor. La eficiencia del motor bajo un régimen de revoluciones por minuto (RPM) constante cambiará a medida que cambia la carga; el rendimiento de un motor típico puede alcanzar un máximo de aproximadamente el 75%

de la carga, pero este caerá rápidamente por debajo de algún umbral¹⁶ la Figura 9 muestra esta relación aproximada en motores de alta eficiencia o eficiencia “Premium”.

Figura 9. Eficiencia de un motor de inducción en función de la carga.
(Eficiencia del motor eléctrico bajo cargas y frecuencias variables)



Fuente: Elaboración propia con datos del Centro de Entrenamiento e Investigación de Riego (ITRC por sus siglas en inglés)¹⁶

Otro aspecto relevante a considerar es el efecto del mantenimiento de los motores, ya que este influye en la eficiencia de los mismos. En efecto, la lubricación, limpieza y rebobinado afectan el rendimiento del motor. Generalmente, un motor rebobinado pierde eficiencia. Rebobinar un motor de más de 30kW reduce la eficiencia nominal en cerca del 1% y en motores más pequeños en hasta el 2 %¹⁷.

Adicionalmente, un motor eficiente no sólo tiene un mejor rendimiento para los distintos niveles de carga, sino que además cuentan con un mejor factor de potencia bajo distintas condiciones de carga. La evaluación económica de motores, no puede ignorar el valor del factor de potencia de éstos, ya que ello afecta al factor de potencia de la planta y por ende la inversión en condensadores para compensar la carga inductiva.

El factor de potencia de un motor a un régimen de revoluciones constante también cambiará a medida que cambia la carga. Los factores de potencia varían ampliamente entre los fabricantes, esto dependiendo de la calidad de fabricación del motor. Sin

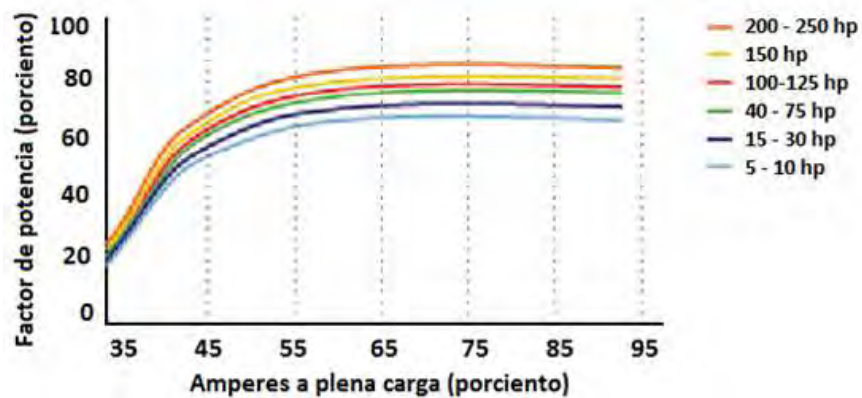
¹⁶ EUA California. Comisión Pública de Energía de California. (Octubre 2006). Eficiencia del motor eléctrico bajo cargas y frecuencias variables. (disponible para consultar en: <http://www.itrc.org/reports/vfd/r06004.pdf>).

¹⁷ EUA. New York (1968). Eficiencia de motores, Optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores, Roelof Timmer, Mikko Helinko, Ritva Eskola. (diponible para consultar en: [http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/\\$File/81-84%202M746_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/$File/81-84%202M746_SPA72dpi.pdf)).

embargo, la Figura 10 proporciona una ilustración general de cómo el factor de potencia (FP) varía con la carga¹⁸.

Por último, un motor eficiente es normalmente más robusto y mejor construido que el motor estándar lo que se traduce en menores gastos de mantenimiento, lo que es difícil de evaluar en general, constituye una ventaja económica que debe incorporarse en el análisis aunque solo sea en forma cualitativa.

Figura 10. Factor de potencia (FP) en un motor de inducción, en función de la carga en amperes. (Eficiencia del motor eléctrico bajo factor de potencia y carga variable).



Fuente: Elaboración propia con datos del Centro de Entrenamiento e Investigación de Riego (ITRC por sus siglas en inglés)¹⁶

Controladores electrónicos de velocidad

Un variador de velocidad es un dispositivo electrónico que permite controlar la velocidad, el torque, la potencia y la dirección de un motor de corriente alterna (CA) o corriente continua (CC). Estos dispositivos permiten lograr considerables ahorros de energía en la operación de los motores eléctricos (ahorros de hasta 40%) y otros beneficios adicionales, tales como prolongación de la vida útil de los equipos accionados por los motores, menor ruido, menos desgaste, mejor control y posibilidades de regeneración, en relación a los motores que no disponen de este dispositivo¹⁹,²⁰.

Estos equipos permiten regular el torque que entrega un equipo sin necesidad de recurrir a opciones antieconómicas, que demandan más energía de la requerida o que son

¹⁸ EUA California. Comisión Pública de Energía de California. (Octubre 2006). Eficiencia del motor eléctrico bajo cargas y frecuencias variables. (disponible para consultar en: <http://www.itrc.org/reports/vfd/r06004.pdf>).

¹⁹ S.F. Baldwin, «Energy-Efficient Electric Motor Drive Systems». B.Johansson, B.Bodlund and R.H. Williams (eds.), «Electricity. Efficient End-Use and New Generation Technologies, and their Planning.

²⁰ Implications»; Lund University Press, 1989.Allen-Bradley co.,»Drives and Motion Controllers Catalog», Publication D104 April 1991.

impracticables en muchos casos; como es el caso de: la recirculación del fluido, la estrangulación del caudal mediante válvulas (throttle) y la detención del equipo (On-Off).

Bombas y ventiladores

Bombas. La gran mayoría de las bombas industriales son centrifugas. Según el Departamento de Energía (DOE) de los Estados Unidos, en 1980, el 75% de todas las bombas empleadas en ese país eran de este tipo y consumían el 90% de la energía de bombeo. Para el caso de México en el sector industrial, no solo se tienen bombas centrifugas sino que también es posible encontrar bombas de tipo sumergible y bombas verticales.

Es por ello, que en el país existen normas, para cada una de ellas: la NOM-010-ENER-2004 “Eficiencia energética del conjunto motor bomba sumergible tipo pozo profundo”, la cual establece los parámetros de eficiencia mínimos dentro del mercado nacional; la NOM-001-ENER-2000 “Eficiencia energética de bombas verticales tipo turbina con motor externo eléctrico vertical” para bombas verticales y para las bombas centrifugas esta la NOM-004-ENER-2008 “Eficiencia energética de bombas y conjunto motor-bomba para bombeo de agua limpia, en potencias de 0,187 kW a 0,746 kW”, las cuales, regulan la existencia de las bombas de este tipo en el mercado mexicano.

En la actualidad, se encuentran en el mercado bombas comparables en términos de capacidad, pero diferentes en su eficiencia (medida ésta como el cociente entre la potencia entregada al fluido y la potencia entregada al eje de la bomba). Aún más, hay casos en que un mismo fabricante ofrece modelos eficientes e ineficientes (que difieren en hasta 8 puntos porcentuales).

Ventiladores. Típicamente los ventiladores presentan rendimientos de 75% a 80%, ello se debe, entre otras razones, a que los fabricantes han estimado preferible asegurar la confiabilidad de los equipos por sobre la mejora de su eficiencia. En general, como en el caso de las bombas, las economías de energía en el uso de los ventiladores presuponen una regulación del flujo, una optimización de la presión estática, una modificación o redimensionamiento del ventilador; el redimensionamiento del motor eléctrico y un adecuado mantenimiento. México no tiene una norma de eficiencia energética para este tipo de aparatos, sin embargo algunas de las normas que existen para estos equipos son las siguientes:

NOM-003-SCFI-1993. Requisitos de seguridad en aparatos electrodomésticos y similares.
NMX-J-106/1-1984. Requisitos de seguridad en ventiladores electrodomésticos y sus controles de velocidad.

NMX-J-106/2-1984. Requisitos de funcionamiento de ventiladores eléctricos de corriente alterna y controles de velocidad.

Control de procesos y Automatización.

Dentro de la automatización y el control de procesos se encuentra, la eficiencia energética activa, que se define como la implementación de cambios continuos en el uso de la energía, resultado del monitoreo y control preciso de la misma²¹. Por tal motivo hoy en día todo aquello que consume electricidad, iluminación, motores eléctricos, sistemas de aire acondicionado, control de calderas, entre otras fuentes, deben atenderse de manera activa si se quieren obtener grandes ahorros. Esto incluye un cambio de conciencia en la gente sobre la utilización de la energía y el impacto que ésta tiene en el medio ambiente, con la finalidad de lograr cambios perceptibles en sus hábitos de consumo, tanto en el trabajo como en el hogar, el uso de controles técnicos es de gran importancia.

En la actualidad una industria en promedio puede reducir su consumo entre el 10 y el 20%²² empleando sistemas para motores eléctricos, como variadores de velocidad, Controladores lógico programables (PLC, Programmable Logic Controller por sus siglas en inglés) para la producción a través de modalidades de optimización y silencio de una máquina, monitoreo y análisis de la energía o sistemas de supervisión de procesos. Gracias a los sistemas de automatización y control, todos estos sistemas nos ayudan a emplear sólo la energía “necesaria”.

Iluminación

La selección de un sistema de iluminación puede resultar compleja, ya que influyen un conjunto de parámetros de muy distinta índole. En forma general se vinculan tanto a requerimientos funcionales: exigencias de las tareas que se realizan en el área a iluminar; las respuestas al color; exigencias estéticas y encandilamiento reducido o controlado, como a requerimientos técnicos: densidad lumínica, eficiencia (lúmenes/watt), sistemas de control, factor de potencia, vida útil y costo para el ciclo de vida. Igualmente, los análisis son distintos si se trata de proyectos nuevos o de optimización de los existentes. En este último caso, debe evaluarse técnica y económicamente la posibilidad de conservar

²¹ Schneider Electric (2008). Ahorros permanentes mediante soluciones de Eficiencia Energética Activa (disponible para consultar en: http://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/solution/998-2834_mx_web_ready.pdf).

²² Schneider Electric (2008). Ahorros permanentes mediante soluciones de Eficiencia Energética Activa (disponible para consultar en: http://www.schneider-electric.com.mx/documents/solutions/solution/998-2834_mx_web_ready.pdf).

parte de los componentes instalados o reemplazarlos por incompatibilidad técnica con los que se incorporan.

Por otra parte, la selección de las opciones de iluminación depende del tipo de instalación y área de uso. La iluminación en las instalaciones industriales consta de un gran número, de luminarias ya que deben abarcar espacios muy grandes y extensos. También deben tener características distintas a luminarias convencionales (residenciales, edificaciones y en algunos casos comerciales), como mayor potencia, brillo, incandescencia y aceptar los cambios bruscos de voltaje.

Lámparas fluorescentes compactas

La alta eficiencia que presentan estas lámparas, su larga vida, su vasta variedad de tamaño, potencias y formas aunado a una razonable respuesta al color; las hace recomendables como el adecuado reemplazo de lámparas incandescentes comunes. La eficiencia lumínica de una lámpara fluorescente compacta es de 38 a 61 Lum/Watt²³, mientras que la de una incandescente tiene un rendimiento bastante inferior 10-22 Lum/Watt²⁴. Una lámpara incandescente en condiciones normales alcanza una vida media de 1,500 horas (h) mientras que una fluorescente compacta en las mismas condiciones dura alrededor de 12,000 h. En la actualidad en varias partes del mundo se ha erradicado el uso de las lámparas incandescentes y se ha fomentado como principal sustituto las lámparas fluorescentes compactas, en México la incursión de esta estrategia de eliminación de lámparas incandescentes, surge a partir del proyecto denominado ILUMEX llevado a cabo de 1995 a 1998 con muy buenos resultados. Ahora en México se ha aprobado una ley para que ya no exista la producción y comercialización de lámparas incandescentes; lo que es importante debido a los altos consumos que estas generaban.

Lámparas de halogenuro

Las lámparas de incandescencia con halogenuros o simplemente lámparas halógenas no son más que lámparas de incandescencia perfeccionadas. Ahora, las ventajas que ofrecen este tipo de lámparas sobre las lámparas de incandescencia convencionales son: El flujo luminoso es mayor, debido a que el filamento puede trabajar a mayores temperaturas gracias a la regeneración del tungsteno, la vida media resulta mayor, 2,000 h, la ampolla de cuarzo apenas se ennegrece, puesto que no se deposita tungsteno sobre

²³ México. Secretaría de Energía (2012). Norma Oficial Mexicana NOM-017-ENER-2012, Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba. (disponible para consultar en: http://www.sener.gob.mx/res/Acerca_de/NOM-017-ENER-SCFI-2012.pdf).

²⁴ México. Secretaría de Energía (2012) Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, Guía iluminación eficiente en la industria. (disponible para consultar en: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7369/8/industria.pdf>).

ella, lo que se traduce en una menor depreciación del flujo luminoso, que permanece casi inalterable a lo largo de su vida; debido a sus reducidas dimensiones es posible conseguir un control más preciso del haz luminoso.

La temperatura de color de estas lámparas oscila entre 3,000 y 5,600 grados Kelvin (°K), dependiendo el elemento empleado para su construcción, por ejemplo 4,300 °K si se incluye el yoduro de sodio, 3,000 °K con cesio y 5,600 °K cuando se emplea disprosio; la eficacia luminosa es del orden de 80 a 108 Lm/W, dependiendo la potencia, sin incluir las pérdidas de balastro algo mayor que la correspondiente a lámparas de incandescencia convencionales²⁵. Ahora las lámparas halógenas vienen en el mismo formato que las incandescentes comunes y permiten ahorrar un 30% de energía²⁶; sin embargo, este tipo de lámparas no representan un ahorro con respecto a las lámparas fluorescentes por lo que se recomienda aplicarlas solo en ambientes que cuenten con reguladores de intensidad y en espacios con alta frecuencia de encendido y apagado.

Vapor de mercurio

El funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, conocidas simplemente como de vapor de mercurio, se basa en el mismo principio que el de las lámparas fluorescentes. Debido a su constitución, si por algún motivo se apaga la lámpara, y seguidamente queremos volver a encenderla, ello no resulta posible debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada. Transcurridos tres o cuatro minutos, la lámpara se habrá enfriado y reanudará el periodo de encendido; esto supone un serio inconveniente para este tipo de lámparas. Dentro sus características; la temperatura de estas lámparas, depende del tipo de recubrimiento fluorescente que lleve, suele estar comprendida entre 3,800 y 4,000 °K, y tiene un rendimiento luminoso que oscila entre 40 y 60 Lm/W. La depreciación del flujo luminoso depende naturalmente de las horas de funcionamiento de la lámpara. La depreciación suele ser del 12% a las 8,000 horas de funcionamiento y del 35% a las 15,000 horas²⁷.

²⁵ Argentina, Universidad Tecnológica Nacional e Iniciativa en Eficiencia Luminosa Argentina (ELI por sus siglas en ingles). Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente (2006). Beatriz M. O'Donell, José D. Sandoval, Fernando Paukste. Fuentes Luminosas. (disponible para consultar en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>).

²⁶ Pablo Brener, Gerente de Producto de la división iluminación de Philips Argentina. Lámparas: ¿Halógenas, de bajo consumo o led? (disponible para consultar en: <http://www.espacioliving.com/1391074>)

²⁷ Argentina, Universidad Tecnológica Nacional e Iniciativa en Eficiencia Luminosa Argentina (ELI por sus siglas en ingles). Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente (2006). Beatriz M. O'Donell, José D. Sandoval, Fernando Paukste. Fuentes Luminosas. (disponible para consultar en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>).

La vida media de la lámpara es extraordinariamente elevada, del orden de 24,000 horas, aunque para estas horas de funcionamiento la depreciación del flujo luminoso sea del orden del 50%. Los fabricantes aconsejan cambiar la lámpara antes de las 15,000 horas de funcionamiento. Las lámparas de vapor de mercurio resultan muy aconsejables en alumbrados públicos y en grandes almacenes, su larga vida y el bajo costo de adquisición con respecto a otros sistemas como, aditivos metálicos, vapor de sodio y halogenuros han hecho que aun se utilicen. Hoy en día para estas aplicaciones se utilizan lámparas de vapor de sodio de alta presión por su superior eficacia. En algunas aplicaciones, por ejemplo donde se pretende resaltar el verde de plazas y jardines, esta lámpara es una opción. No obstante, existen opciones más eficientes, que incluyen a fluorescentes y halogenuros metálicos. Ambas ofrecen mejor reproducción de colores además de mayor eficacia, menor consumo de energía, pero con menor vida útil que la lámpara de mercurio.

Aditivos metálicos

Las lámparas de aditivos metálicos se parecen mucho a las lámparas de vapor de mercurio. Los tubos de arco son casi iguales entre potencias equivalentes, pero los de aditivos metálicos además de contener mercurio, contienen ciertos halogenuros de yodo, que le dan sus características de color y su alta eficiencia luminosa la cual está entre 65-110 Lm/W. Son de uso industrial tanto como de uso doméstico. Generalmente se le suele usar en estaciones de combustible, plazas y alumbrado público. Por su amplio espectro de colores, se le suele usar en lugares donde se requiere una buena reproducción de colores, como estaciones de televisión y campos deportivos²⁸. La alta eficiencia de estas lámparas ha desplazado a las lámparas de vapor de mercurio, además de tener una mejor reproducción del color, esta eficiencia hace posible ahorrar energía, al sustituir un menor número de lámparas de aditivos metálicos con respecto a las lámparas de vapor de mercurio.

Vapor de sodio alta y baja presión

Sodio baja presión.- El proceso de encendido de una lámpara de vapor de sodio a baja presión dura unos 10 minutos y al final se obtiene una luz amarilla monocromática de una longitud de onda de 5,890 m. El rendimiento de estas lámparas es óptimo cuando la temperatura interna alcanza los 270 °C, por lo que la pared interna del tubo exterior lleva una fina capa de óxido de indio, el cual permite el paso de las radiaciones visibles, pero detiene el 90% de las radiaciones infrarrojas, que se invierten en calentar el tubo. La

²⁸ México. Secretaría de Energía (2012) Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, Guía iluminación eficiente en la industria. (disponible para consultar en: <http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7369/8/industria.pdf>).

eficacia luminosa de las lámparas de vapor de sodio a baja presión es la más elevada de todas las existentes, llega a ser de 190 Lm/W; la vida media es de aproximadamente 15,000 horas, con una depreciación que no llega al 20%.

La curva de distribución espectral es monocromática, de color amarillo, situado en la zona donde la sensibilidad del ojo humano es de un 75% con respecto a la máxima. Por tal motivo estas lámparas resultan adecuadas en aquellos lugares en donde la reproducción de los colores es secundaria como, por ejemplo, en vías de tránsito urbano, en donde lo principal es la percepción del movimiento; también es aplicable este tipo de luz en grandes espacios industriales de carga, descarga y estacionamiento²⁹. Sin duda este tipo de lámparas es la mejor opción dentro de sus aplicaciones, la larga duración y su eficiencia lumínica la sitúan por encima de las lámparas de aditivos metálicos y de vapor de mercurio.

Sodio alta presión. Es notable que las lámparas de sodio a baja presión tienen una inmejorable eficacia luminosa, pero su reproducción cromática es muy deficiente; para mejorar esto es necesario aumentar la presión del vapor de sodio, a costa de trabajar a temperaturas más elevadas, y agregar además del gas inerte, xenón, y una pequeña cantidad de mercurio que ayude a mejorar el espectro.

La eficacia luminosa es el orden de 120 Lm/W. y la temperatura de color resulta ser de 2,200 °K; la vida media es de 15,000 horas, con una depreciación del flujo que no llega al 40%. La mejora de la reproducción cromática conseguida con estas lámparas, su eficiencia lumínica, tiempo de vida, las hace muy apreciadas en alumbrados públicos, y en general en todos aquellos espacios en los que se requiera una iluminación de bajo costo de adquisición sin grandes exigencias cromáticas³⁰.

Diodos Emisores de Luz (LED por sus siglas en inglés)

Las lámparas LED son dispositivos que convierten la energía eléctrica en luz de manera muy eficiente. Tienen un bajo consumo de energía y cuentan con una vida prolongada, con lo cual se reducen los costos de operación, mantenimiento y sustitución. Son ideales para sitios donde se mantiene encendida una lámpara por mucho tiempo. Su vida útil es

²⁹ Argentina, Universidad Tecnológica Nacional e Iniciativa en Eficiencia Luminosa Argentina (ELI por sus siglas en inglés). Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente (2006). Beatriz M. O'Donnell, José D. Sandoval, Fernando Paukste. Fuentes Luminosas. (disponible para consultar en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>).

³⁰ Argentina, Universidad Tecnológica Nacional e Iniciativa en Eficiencia Luminosa Argentina (ELI por sus siglas en inglés). Manual de Iluminación Eficiente - Seminario de Iluminación Eficiente (2006). Beatriz M. O'Donnell, José D. Sandoval, Fernando Paukste. Fuentes Luminosas. (disponible para consultar en: <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap04.pdf>).

de hasta 10 años (basado en el uso de 6 horas al día), mayor que la de un foco fluorescente que es de 4 años y que el de un foco incandescente o convencional que es de un año,³¹ cuentan con una eficacia de 80 Lm/W³²; asimismo, con LED se pueden producir luces de diferentes colores con un rendimiento luminoso elevado, a diferencia de muchas de las lámparas utilizadas hasta ahora, que tienen filtros para lograr un efecto similar (lo que produce una reducción de su eficiencia energética).

La iluminación con LED presenta indudables ventajas: fiabilidad, mayor eficiencia energética, mejor resistencia a las vibraciones, visión superior ante diversas circunstancias de iluminación, menor disipación de energía, capacidad para operar de forma intermitente de modo continuo, respuesta rápida, así como menor riesgo al medio ambiente debido a su menor consumo de energía emitiendo menor cantidad de gases de efecto invernadero.

Refrigeración industrial (conservación de alimentos).

La refrigeración industrial representa un importante consumo de electricidad en las industrias de alimentos, y que puede disminuirse significativamente mediante la adopción de equipos eficientes, así como de un conjunto de medidas para uso correcto. Igualmente, la refrigeración constituye un importante consumo en los supermercados, un 54% dependiendo de sus usos, existe una gran variedad de equipos de refrigeración (diferentes niveles de temperatura, de sistemas de cierre, sistemas de refrigeración, etc.), lo que impide definir consumos medios de unidades estándar y eficientes.

En México existe, una norma para refrigeradores domésticos, la NOM-015-ENER-2012, "Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado." Y una norma para refrigeradores comerciales, que bien puede aplicarse a los refrigeradores industriales, ya que muchas industrias alimenticias trabajan con equipos del tamaño marcado en la NOM-022-ENER/SCFI 2008 "Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado." Las cuales regulan los tipos de refrigeradores que se ofrece en el mercado.

³¹ México. Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica FIDE (2000). Financia tus LEDs... Para Ahorrar Energía. (disponible para consultar en: <http://www.fide.org.mx:2000/leds/index.html>).

³² México. Lumínika S.A. de C.V. Comparativo entre lámparas fluorescentes y led. (disponible para consultar en: <http://www.lumika.com.mx/files/Comparativo%20entre%20lamparas.pdf>).

Refrigeración industrial (acondicionamiento de espacios).

El acondicionamiento de espacios permite controlar y mantener las condiciones de confort en el interior de una estancia o recinto cerrado, por lo que se pretende controlar las condiciones de temperatura, humedad, circulación y pureza del aire conveniente para la salud y el confort; dentro de la industria, los sistemas de aire acondicionado también pueden aplicarse en espacios en donde se requieren condiciones específicas de temperatura y humedad, por ejemplo: salas de cómputo, equipos de medición, salas de cirugía entre otras.

En México la eficiencia energética para estos equipos, está plasmada dentro de las normas NOM-021-E ER/SCFI-2008, "Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario en acondicionadores de aire tipo cuarto. Límites, métodos de prueba y etiquetado"; que aplica a equipos entre 1758 y 10600 watts térmicos (Wt), que corresponden 0.49 a 3, toneladas de refrigeración (TR) y la NOM-011-ENER-2006, "Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central paquete o dividido. Límite, métodos de prueba y etiquetado", para equipos entre 10540 y 17580 Wt (3 a 5 TR). Hay que aclarar que gran parte del ahorro de energía, radica en la selección de un equipo que cubra las necesidades sin estar sobredimensionado.

2.3 Evaluación económica de proyectos energéticos

Es posible ahorrar energía o reducir la demanda máxima, cuando corresponda, mediante acciones que no requieren inversiones como el manejo de la carga o gestión de la operación de los equipos o con otras que, exigen inversiones. Cuando dichas inversiones sean necesarias, se deberá determinar si son rentables, lo que es hasta cierto punto un concepto arbitrario, ya que depende de los criterios del inversor.

El objeto de un análisis energético orientado en función de los usos finales de la energía es desarrollar una estrategia de abastecimiento energético al mínimo costo. Un análisis como el anterior se puede hacer desde distintas perspectivas: el usuario, la sociedad y la empresa proveedora de energía. En el presente caso, la óptica adoptada es la del usuario.

La rentabilidad de las opciones eficientes energéticamente dependerá de la inversión diferencial, de la magnitud de la energía ahorrada, del costo unitario de la energía, de la vida útil de los equipos o sistemas adquiridos y de la tasa de descuento. Este último parámetro reconoce el valor en el tiempo del capital.

Métodos generales para evaluar inversiones en eficiencia energética

Invertir en eficiencia energética supone un gasto de capital actual, para ahorrar costos de operación en el futuro. La tasa de descuento permite comparar cuantitativamente gastos y ahorros que ocurren en fechas diferentes. El problema consiste en definir cuál es la tasa de descuento «correcta» para una evaluación dada. Desgraciadamente no existe una respuesta teórica a esta pregunta. En general, esta es una decisión basada en políticas de la empresa que definen el umbral de rentabilidad a partir del cual están dispuestas a invertir.

La evaluación de los beneficios relativos de las inversiones en eficiencia energética requiere determinar los costos anuales de capital involucrados en las distintas alternativas en consideración, para ello es necesario calcular dichos costos a partir de un factor conocido como el factor de recuperación del capital.

Valor presente neto (VPN)

El VPN es la suma de los flujos netos anuales, descontados por la tasa adoptada por la empresa. Para el cálculo del VPN, tanto los costos como los beneficios futuros del proyecto de inversión son descontados, utilizando la tasa para su comparación en un punto en el tiempo o en el "presente". Si el resultado del VPN es positivo, significa que los beneficios derivados del proyecto son mayores a sus costos. Alternativamente, si el resultado del VPN es negativo, significa que los costos del programa o proyecto de inversión son mayores a sus beneficios.

La fórmula del VPN es:

$$\sum_{t=0}^n \frac{A}{(1+r)^t} = VPN$$

$$A = B_t - C_t$$

Dónde:

t= año calendario, en donde el año 0 será el inicio de las erogaciones

r= tasa de descuento

A= flujos neto en el año t

B_t= Son los beneficios totales en el tiempo t

C_t= Son los costos totales en el tiempo t

VPN = Valor presente neto

Factor de recuperación del capital (FRC)

Si la vida útil de una inversión (I) es n años y la tasa de descuento adoptada por la empresa es r, el costo anual (B) se determina de acuerdo con la función siguiente:

$$\sum_{t=0}^n \frac{B}{(1+r)^t} = I$$

La que es una serie geométrica, cuya suma se puede calcular mediante la ecuación siguiente.

$$I = B * \frac{[(1+r)^n - 1]}{r * (1+r)^n}$$

El factor que multiplica a B es conocido como valor presente uniforme y su recíproco como factor de recuperación del capital (FRC).

$$FRC = \frac{r * (1+r)^n}{[(1+r)^n - 1]}$$

Y A= I*FRC (costo anual de capital invertido).

La evaluación de las inversiones en eficiencia energética se realiza recurriendo a distintos enfoques dependiendo de los objetivos, condiciones y preferencias del analista. Los más conocidos son: tasa de rendimiento inmediato (TRI), periodo de recuperación simple (PRS), periodo de recuperación descontada (PRD), tasa interna de retorno (TIR), costo del ciclo de vida (CCV), costo del ciclo de vida anualizado (CCVA) y costo de ahorrar energía (CAE).

Tasa de rendimiento inmediato (TRI)

La TRI es un indicador de rentabilidad que permite determinar el momento óptimo para la entrada en operación de un programa o proyecto de inversión con beneficios crecientes en el tiempo. A pesar de que el VPN sea positivo para el programa o proyecto de inversión, en algunos casos puede ser preferible postergar su ejecución³³.

La TRI se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula:

³³ México. Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2013). (disponible para consultar en: http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo_beneficio.pdf).

$$TRI = \frac{B_{t+1} - C_{t+1}}{I_t}$$

Dónde:

B_{t+1}: es el beneficio total en el año t+1

C_{t+1}: es el costo total en el año t+1

I_t: monto total de inversión valuado al año t (inversión acumulada hasta el periodo t)

t: año anterior al primer año de operación

t+1: primer año de operación

El momento óptimo para la entrada en operación de un proyecto, cuyos beneficios son crecientes en tiempo, es el primer año en que la TRI es igual o mayor que la tasa social de descuento.

Período de recuperación simple (PRS)

Este método es el más simple y probablemente el más usado, especialmente cuando la inversión se recupera en períodos muy cortos de tiempo. El PRS no tiene en cuenta ni la vida útil del equipo ni el valor del dinero en el tiempo y se calcula en base a la función siguiente:

$$PRS = \frac{\Delta I}{PE(E_{est} - E_{efic})}$$

Dónde:

PE= precio unitario de la energía.

E_{est}=Consumo de energía anual del equipo estándar.

E_{efic}=Consumo de energía anual del equipo eficiente.

Dependiendo del caso, ΔI puede corresponder a la diferencia entre los costos de capital de la opción eficiente y estándar; el costo de la opción eficiente y la reparación eventual de la opción estándar existente o simplemente el costo de capital de la primera, si el equipo estándar opera normalmente.

Período de recuperación descontada (PRD)

En este caso se consideran tanto la vida útil del equipo como el valor del dinero. El período de recuperación descontada (PRD) se determina mediante la función:

$$PRD = \frac{n * FRC(r, n) * \Delta I}{PE(E_{est} - E_{efic})}$$

Dónde:

r = Tasa de descuento.

n= Vida útil del equipo.

FRC= Factor de recuperación del capital.

PE= Precio unitario de la energía.

E_{est}= Consumo de energía anual del equipo estándar.

E_{efic}= Consumo de energía anual del equipo eficiente.

Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno, para este caso está dada, como la tasa de descuento para la cual dos alternativas de inversión tienen el mismo valor presente neto. Al evaluar las alternativas estándar y eficiente, la TIR es el valor (i) para el cual se cumple la igualdad siguiente:

$$I_{est} + PE * E_{est} * \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right] = I_{efic} + PE * E_{efic} * \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Dónde:

I_{est}= Inversión en equipos estándar.

I_{efic}= Inversión en equipos eficientes.

PE= Precio unitario de la energía.

E_{est}= Consumo de energía anual del equipo estándar.

E_{efic}= Consumo de energía anual del equipo eficiente.

Lo que equivale a igualar el valor presente de los ahorros de energía con el diferencial de la inversión requerida.

$$(I_{efic} - I_{est}) = PE * (E_{est} - E_{efic}) * \sum_{i=1}^n \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$$

Costo del ciclo de vida (CCV) y costo del ciclo de vida anualizado (CCVA)

El costo del ciclo de vida CCV es el valor presente de todos los costos (costo inicial de capital, costos de operación y costos de mantenimiento) asociados a la inversión durante toda su vida útil. Para comparar las dos alternativas eficiente y estándar se deberán comparar CCV_1 y CCV_2 respectivamente, los que se expresan mediante las ecuaciones siguientes:

$$CCV_1 = I_{est} + \sum_0^n E_{est} * PE * (1 + r)^n + \sum_0^n M_{est} * (1 + r)^n$$
$$CCV_2 = I_{efic} + \sum_0^n E_{efic} * PE * (1 + r)^n + \sum_0^n M_{efic} * (1 + r)^n$$

Dónde:

M_{est} = Costo de mantenimiento del equipo estandar

M_{efic} = Costo de mantenimiento del equipo eficiente

A menudo la metodología adoptada apunta a comparar los costos anuales de las dos opciones -la eficiente y la estándar- para ello se recurre a los costos anualizados del ciclo de vida (CCVA) de los equipos, para lo cual se emplean las funciones siguientes:

$$CCVA_1 = I_{est} * FRC(r, n) + PE * E_{est} + M_{est}$$

$$CCVA_2 = I_{efic} * FRC(r, n) + PE * E_{efic} + M_{efic}$$

En el caso que la vida útil de los equipos estándar y eficiente sea distinta, las fórmulas base respectivas serán:

$$CCVA_1 = I_{est} * FRC(r, n_1) + PE * E_{est} + M_{est}$$

$$CCVA_2 = I_{efic} * FRC(r, n_2) + PE * E_{efic} + M_{efic}$$

Costo de ahorrar energía (CAE)

El costo de ahorrar energía (CAE), proporciona una medida para clasificar ordenadamente las opciones de ahorro o abastecimiento de energía sobre una base consistente y que es útil para identificar las inversiones más económicamente eficientes para una empresa o un país. Este indicador se calcula como el costo de capital diferencial anualizado menos

diferencia entre las inversiones requeridas para la opción eficiente y estándar más el diferencial de los costos de mantenimiento, dividido por los ahorros anuales de energía³⁴.

$$CAE = \frac{[FRC(r, n) * (I_{efic} - I_{est}) + (M_{efic} - M_{est})]}{(E_{est} - E_{efic})}$$

En este caso el precio de la energía no necesita especificarse, lo que constituye la fortaleza del método, debido a las incertidumbres que normalmente rodean las estimaciones del precio de la energía en un horizonte de largo plazo. La evaluación de la ventaja relativa de la opción eficiente se lleva a cabo comparando el valor de CAE con los precios vigentes de la energía, en la medida que esta diferencia sea significativa, y que aun suponiendo una disminución sustancial de éstos, dentro de lo que la lógica permite esperar el CAE, siga siendo inferior a dichos precios, es posible concluir que la opción eficiente es recomendable.

2.4 Impacto en el valor de la empresa al implementar proyectos energéticos.

La globalización, incertidumbre y los rápidos cambios en que operan las organizaciones y los individuos son para la gestión financiera un reto, si bien todas las actividades de la empresa son importantes, para hacer frente a estos cambios, los aspectos financieros juegan un rol determinante en la toma de decisiones y un criterio fundamental a considerar, esto es, si cada decisión contribuye a la creación o no de valor. Es por ello que hoy en día, el analizar decisiones en cualquier ámbito de la empresa (sea una campaña publicitaria, el rediseño de una estructura organizacional y sobre todo la inversión de activos) a partir de la medida en que éstas crearán valor para la organización y tendrán un efecto positivo en sus flujos de caja futuros.

³⁴ Kenji Takahashi y David Nichols. La sustentabilidad y el aumento de los costos y el impacto en la eficiencia: La evidencia de la experiencia hasta la fecha (Disponible para consultar en: http://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/8_434.pdf).

Métodos de valuación de empresas.

La valoración de una empresa es un ejercicio de sentido común que requiere de unos pocos conocimientos técnicos y que además mejora con la experiencia. Ambos (sentido común y conocimientos técnicos) son necesarios para no perder de vista: ¿Qué se está haciendo?, ¿Por qué se está haciendo la valoración de determinada manera? y ¿Para qué y para quién se está haciendo la valoración? La mayoría de los errores en valoración provienen de no contestar adecuadamente a alguna de estas preguntas.

Hoy en día existen múltiples metodologías de valuación, los cuales se pueden clasificar en seis grupos³⁵, que se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2. 1. Principales métodos de valuación.

1.BALANCE	2.CUENTA DE RESULTADOS	3.MIXTOS GOODWILL	4.DESCUENTO DE FLUJOS	5.CREACIÓN DE VALOR	6.OPCIONES REALES
Valor contable	Múltiplos de:	Clásico	Flujo libre de caja (FCF Free cash flow por sus siglas en inglés)	Valor. Económico Añadido (EVA Economic Value Added por sus siglas en inglés)	Fórmula de Black y Scholes
Valor contable ajustado	Beneficio: El ratio precio beneficios (PER Price-earnings ratio por sus siglas en inglés)	Unión de expertos	Flujo de Efectivo (CF Cash flow por sus siglas en inglés) Acciones	Beneficio económico	Opción de invertir
Valor de liquidación	Ventas	Contables europeos	Dividendos	Valor de efectivo agrado (CVA Cash value added por sus siglas en inglés)	Ampliar el proyecto
Valor sustancial	Ganancias Antes de Intereses, Impuestos, Depreciación y Amortización (Ebitda Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization por sus siglas en inglés.)	Renta abreviada	Flujo de caja del capital (CCF Capital cash flow por sus siglas en inglés)	flujo de fondos sobre la inversión (CFROI Cash flow return on investment por sus siglas en ingles)	Aplazar la inversión
Activo neto real	Otros múltiplos	Otros	Valor presente ajustado (APV Adjusted Present Value por sus siglas en inglés.)		Usos alternativos

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Fernández P. "Métodos de valoración de empresas" Universidad de Navarra España, (2008).

³⁵ España. Universidad de Navarra. Métodos de valoración de empresas. Pablo Fernández. 2008. (Disponible para su consulta en: <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0771.pdf>).

Sin embargo, la metodología empleada en los últimos años, es la valuación por medio de opciones reales, debido a que permite a las empresas adaptarse con mayor flexibilidad y soportando menores riesgos.

Opciones reales.

La valoración de una empresa o de un proyecto que proporciona algún tipo de flexibilidad futura -opciones reales- no puede realizarse correctamente con las técnicas tradicionales de actualización (VAN o TIR). Una opción real está presente en un proyecto de inversión cuando existe alguna posibilidad futura de actuación al conocerse la resolución de alguna incertidumbre actual.

Existen muchos tipos de opciones reales: opciones de explotar concesiones mineras o petrolíferas, opciones de aplazar la inversión, opciones de ampliar negocios, opciones de abandonar negocios, opciones de cambio de utilización de unos activos, entre otros.

Los estrategas y profesores de política de empresa han achacado reiteradamente a las finanzas – y a los analistas financieros- su falta de herramientas para valorar las implicaciones estratégicas de los proyectos de inversión. Antes de utilizarse la teoría de opciones, la gran mayoría de nuevas inversiones se ha realizado basándose únicamente en criterios cualitativos de política de empresa. Los números –si acaso- se hacían después para que diesen el resultado que deseaba el estratega para apoyar su decisión.³⁶

La teoría de opciones permite la valoración de las oportunidades estratégicas de los proyectos: el análisis cuantitativo de las opciones, junto con el análisis cualitativo y estratégico de la política de la empresa, permiten tomar decisiones más correctas y racionales.

³⁶ España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández. 2008. (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

Una clasificación de las opciones reales se muestra en la Tabla 2.2

Tabla 2. 2. Clasificación de las opciones reales.

OPCIONES REALES		
Opciones contractuales	Opciones de crecimiento o aprendizaje.	Opciones de flexibilidad
Concesiones petrolíferas Concesiones mineras Franquicias	Ampliar Investigación y desarrollo Adquisiciones Aprendizaje Nuevos negocios Nuevos clientes Iniciativa de Internet Mejora eficiencia para aumentar barreras de entrada	Aplazar la inversión Reducir el proyecto Usos alternativos Renegociación de contratos Outsourcing Abandonar Cierre temporal Modificaciones de productos

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Fernández P. "Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores" Universidad de Navarra España, (2008).

También se habla de opciones compuestas, que son aquellas que al ejercerlas nos proporcionan nuevas opciones. Se denominan opciones arcoíris (rainbow options) a las que tiene más de una fuente de incertidumbre, por ejemplo, una explotación petrolífera en la que la incertidumbre proviene del precio del petróleo, de una incierta cantidad de barriles y de unos inciertos costes de extracción.

La fórmula de Black y Sholes para opciones financieras.

El valor de una opción de compra (call) sobre una acción, con precio de ejercicio K y que se podrá ejercer en t, es el valor actual de su valor t, que es $MAX(S_t - K, 0)$, siendo S_t el precio de la acción en t. Por consiguiente:

$$Call = VAN[MAX(S_t - K, 0)] = VAN[S_t/S_t > K]P[S_t > K] - VAN[K/S_t > K]P[S_t > K]$$

El primer término de la resta es el valor actual del precio de la acción (siempre que sea superior a K) multiplicado por la probabilidad de que el precio de la acción sea mayor a K. el segundo término de la resta es el valor actual del precio del ejercicio (que es K r-t) multiplicado por la probabilidad de que el precio de la acción sea superior a K.

Es posible demostrar³⁷ que si el precio del activo con riesgo S sigue una trayectoria de la forma

³⁷ España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández. 2008 .(Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

$S_t = S_0 e^{(\mu t + \sigma \epsilon \sqrt{t})}$, y suponemos que³⁸ $\mu = \ln(r) - \sigma^2/2$, entonces:

$$VAN[S_t/S_t > K]P[S_t > K] = SN(x)$$

$$VAN[K/S_t > K] = r^{-t}E[K/S_t > K] = Kr^{-t}$$

$$P[S_t > K] = N(x - \sigma\sqrt{t}), \text{ siendo}^{39} x = [\ln(S/Kr^{-t})/(\sigma\sqrt{t})] + \sigma\sqrt{t}/2$$

Por consiguiente, la fórmula de Black y Scholes es:

$$Call = \Delta S - B \text{ Siendo}$$

$$\Delta = N(x); B = Kr^{-t}N(x - \sigma\sqrt{t}); x = [\ln(S/Kr^{-t})/(\sigma\sqrt{t})] + \sigma\sqrt{t}/2$$

$N(x - \sigma\sqrt{t})$ es la probabilidad de que la opción se ejerza, esto es, $P[S_t > K]$

Lo que indica la fórmula es que formando ahora una cartera compuesta por la compra de acciones y un préstamo B (costo de la cartera = $\Delta S - B$), se obtendrán en la fecha de ejercicio los mismos flujos que si tuviéramos la opción. Por consiguiente, para evitar posibilidades de arbitraje, la opción debe valer lo mismo que esta cartera (cartera réplica), esto es $\Delta S - B$.

Debido a la posibilidad de replicar la opción, la fórmula Black y Scholes:

- 1.- Considera que $\mu = \ln(r) - \sigma^2/2$, y
- 2.- Calcula el valor actual utilizando la tasa sin riesgo.

Factores que determinan el valor de una opción financiera.

Una opción de compra (call) es un contrato que proporciona a su poseedor (el comprador) el derecho (no la obligación) a comprar un número determinado de acciones, a un precio establecido, en cualquier momento antes de una fecha determinada (opción americana), o bien únicamente en esa fecha (opción europea). El comprador tiene la alternativa de poder ejercer o no su derecho, mientras que el vendedor está obligado a satisfacer el requerimiento del comprador.

Una opción de venta (put) es un contrato que proporciona a su poseedor (el comprador) el derecho (no la obligación) a vender un número determinado de acciones, a un precio

³⁸ España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández 2008. (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

³⁹ España Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández 2008. (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

establecido, en cualquier momento antes de una fecha determinada (opción americana), o bien únicamente en esa fecha (opción europea).

Las seis variables fundamentales que influyen en el precio de la opción son:⁴⁰

- El precio de la acción a que se refiere la opción (S).
- El precio de ejercicio de la opción (K).
- La volatilidad de la acción.
- El tipo de interés sin riesgo.
- Los dividendos que recibirá la acción antes de la fecha de ejercicio.
- El tiempo que resta hasta la última fecha de ejercicio.

El precio de la acción a que se refiere la opción (S). El valor de una call aumenta con el precio de la acción, mientras que el valor de la put disminuye. En el caso de una opción europea, esto es evidente. En el instante del ejercicio, el poseedor de la call puede optar por pagar el ejercicio (K) y recibir una acción de valor S: sus ganancias son (S-K), por lo que le interesa que S sea grande. En el momento del ejercicio, el poseedor de una put realiza una ganancia de (K-S), ya que cobra K a cambio de entregar una acción: su beneficio es mayor cuando menor sea el precio de la acción.

El precio de ejercicio de la opción (K). Un aumento en el precio de ejercicio (K) disminuye el valor de una call y aumenta el valor de una put. Al ejercer una call, su poseedor gana (S-K). Así pues, le interesa que el pago que ha de efectuar sea pequeño. Lo contrario ocurre al poseedor de una put. Si la ejerce, ganará (K-S). El precio de ejercicio es el cobro que recibirá, por lo que le conviene que sea elevado.

La volatilidad de la acción. Si la opción es de compra o de venta, su valor es mayor cuanto mayor es la volatilidad prevista para el futuro de la acción a la que se refiere. Esto es así porque el poseedor de una opción se beneficia de las oscilaciones del precio de la acción en un sentido (al alza si la opción es una call y a la baja si es una put), mientras que está protegido contra los movimientos en sentido contrario.

El tipo de interés sin riesgo. El tipo de interés afecta al valor de una opción porque el valor actual neto del precio de ejercicio de la opción depende de los tipos de interés. Así, una call tiene más valor cuanto mayor es el tipo de interés, porque el VAN del precio de

⁴⁰ España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández 2008. (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

ejercicio es menor cuanto mayor sea la tasa de descuento, esto es, el tipo de interés, En el caso de una put, ocurre lo contrario: su valor disminuye al aumentar el tipo de interés.

Los dividendos que recibirá la acción antes de la fecha de ejercicio. Los dividendos afectan a la opción porque cuando una opción paga un dividendo, el precio de mercado de la misma se ajusta para reflejar el dividendo pagado (disminuye). Así, el poseedor de una call preferirá que la acción no pague dividendos o pague el menor dividendo posible. El poseedor de una opción de venta preferirá que la acción pague el mayor dividendo posible, porque de este modo el precio de la acción en la fecha de ejercicio será menor.

El tiempo que resta hasta la última fecha de ejercicio. El tiempo hasta el ejercicio afecta al valor de la opción a través de tres variables mencionadas anteriormente:

- Volatilidad: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, mayor es la posibilidad de que el precio de la acción aumente o disminuya.
- Precio de ejercicio: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, menor es el VAN del precio de ejercicio.
- Dividendos: cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio, mayores son los dividendos que pagará la empresa.

No obstante, no todas estas variables afectan del mismo modo. El efecto total dependerá de la suma de los efectos parciales de cada una de estas tres variables. En general, en el caso de opciones americanas, tanto call como put, aumentan de valor cuanto mayor es el tiempo hasta la fecha de ejercicio. Si se trata de opciones europeas, es necesario estudiar cada caso particular.

Diferencias entre una opción financiera y una opción real.

Los factores que determinan el valor de una opción financiera son distintos a los que afectan a una opción real. Estas diferencias se presentan en la Tabla 2.3.

Tabla 2. 3. Parámetros que influyen en el precio de una opción financiera y una opción real.

OPCION FINANCIERA	OPCION REAL
Precio de la acción Precio de ejercicio Interés sin riesgo Volatilidad Tiempo hasta el ejercicio Dividendos	Valor esperado Coste de la inversión Tasa de descuento con riesgo Volatilidad de los flujos esperados Tiempo hasta el ejercicio Mantenimiento de la opción
Su valor no depende de la revalorización esperada del subyacente	Su valor depende de la revalorización esperada del subyacente
El ejercicio de la opción es instantáneo	el ejercicio de la opción no sucede en un instante

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Fernández P. "Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores" Universidad de Navarra España, (2008).

Ahora si tenemos una call no replicable decimos:

Call no replicable = VAN (Flujos esperados si se ejerce la opción) – VAN (inversión necesaria para ejercer la opción).

Si el proyecto está compuesto únicamente por una call, implementaremos el proyecto si "Call no replicable">0. Si hay que realizar alguna inversión inicial para implementar el proyecto, entonces implementaremos el proyecto si "Call no replicable"> inversión inicial

Implementar el proyecto si:

Call no replicable – inversión inicial > VAN (Flujos esperados si se ejerce la opción) – VAN (inversión necesaria para ejercer la opción).

Siguiendo el procedimiento propuesto por Luehrman(1995), es posible definir⁴¹:

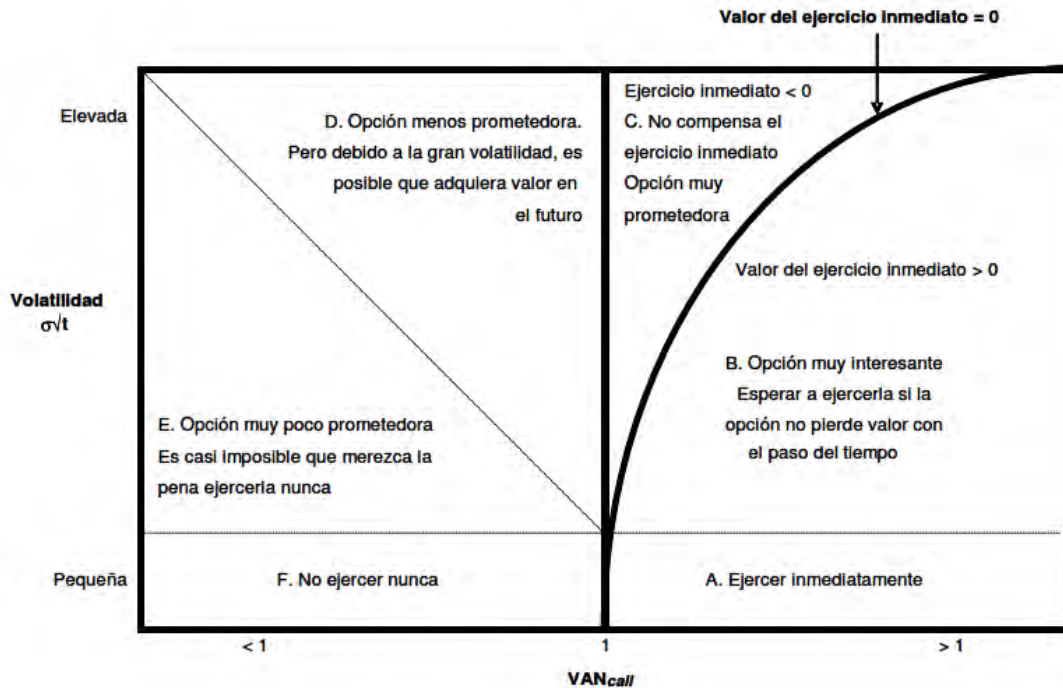
$$VAN_{call} = \frac{VAN(\text{flujos esperados si se ejerce la opción})}{[VAN(\text{inversión necesaria}) + \text{inversión inicial}]}$$

Y de manera lógica, la implementación se llevara a cabo si $VAN_{call} > 1$

⁴¹ España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández. 2008 (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>).

Esta descomposición permite realizar el siguiente gráfico que ayuda a visualizar el valor de las opciones y a dividirlos en seis tipos:

Figura 11. Descomposición del valor de las opciones.



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de Fernández P. "Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores" Universidad de Navarra España, (2008).

La línea curva corresponde a las opciones en las que el valor actual del ejercicio inmediato es cero. Esto corresponde a las opciones con valor cero para $t=0$. A partir de la ecuación

$$\text{Call no replicable} = S e^{\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right)t} r_K^{-t} N(y) - K r_K^{-t} N(y - \sigma\sqrt{t})$$

Si $t=0$: $y = \infty$; $0 = (S - K)$.

Tipo A: muy poca volatilidad, VAN_{call} superior a 1 y valor del ejercicio inmediato positivo. Son opciones que interesa ejercerlas inmediatamente. El esperar no les añade valor debido a la baja volatilidad.

Tipo B: VAN_{call} superior a 1, mayor volatilidad y valor del ejercicio inmediato positivo. Son opciones que interesa ejercerlas inmediatamente, pero esperar les añade valor debido a la mayor volatilidad.

Tipo C: VAN_{call} superior a 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensa ejercerlas inmediatamente, pero esperar les añade valor

debido a la volatilidad. Son opciones muy prometedoras, pues las expectativas de volatilidad hacen que $VAN_{call} > 1$.

Tipo D: VAN_{call} menor a 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensan ejercerlas inmediatamente, pero esperar les añade valor debido a la volatilidad. Con las expectativas actuales de volatilidad no compensará ejercerlas nunca, pues $VAN_{call} < 1$, pero es posible que si aumenta la volatilidad o se logra mejorar la opción tenga valor en el futuro.

Tipo E: VAN_{call} menor a 1, valor del ejercicio inmediato negativo y volatilidad elevada. Son opciones que no compensan ejercerlas inmediatamente y con las expectativas actuales de volatilidad no compensará ejercerlas nunca, pues $VAN_{call} < 1$. Es prácticamente imposible que la opción tenga valor en el futuro.

Tipo F: VAN_{call} menor a 1, valor del ejercicio inmediato negativo y muy poca volatilidad. Son opciones que no compensan ejercerlas nunca.

Cómo aplicar la teoría de opciones en una empresa.

A continuación se enuncian algunas consideraciones sobre la aplicación práctica de la teoría de opciones al análisis de proyectos de inversión.

1.- Tipos de interés elevados suponen elevados tipos de descuento, reduciendo el valor actual de los flujos futuros. Esto debería disminuir el valor de la opción de emprender un proyecto. Sin embargo, los tipos de descuento elevados también reducen el valor actual del precio de ejercicio de la opción. Este efecto compensador ayuda a mantener a flote el valor de la opción a medida que los tipos de interés aumentan, lo cual puede proporcionar a cierta clase de proyectos- especialmente a las opciones de crecimiento- un enorme valor a tener en cuenta en el análisis de inversiones.

2. Kester (1984) sugiere una característica de las opciones que se debe de considerar: el grado de exclusividad del derecho del propietario de una opción a ejercerla. A diferencia de las opciones sobre acciones, existen dos tipos de opciones de crecimiento: exclusivas y compartidas. Las primeras son las más valiosas, porque proporcionan a su poseedor el derecho exclusivo de ejercerlas. Estas resultan de patentes, del conocimiento exclusivo del mercado por parte de la empresa o de una tecnología que la competencia no puede imitar.

Las opciones de crecimiento compartidas son menos valiosas. Representan oportunidades “colectivas” del sector, como ejemplo la posibilidad de introducirse en un mercado no protegido por elevadas barreras o de construir una nueva fábrica para abastecer un

particular segmento geográfico del mercado. Los proyectos de reducción de costos son generalmente opciones compartidas, porque normalmente la competencia también puede implementarlos.

3.- Kester también sugiere que las empresas, al realizar el análisis de proyectos de inversión, deberían clasificar los proyectos de acuerdo a las opciones que incluyen. La clasificación según los criterios tradicionales de reposición, reducción de costos, incremento de capacidad e introducción de nuevos productos, resulta de poca utilidad. Una clasificación más apropiada sería distinguir entre proyectos cuyos beneficios futuros se generan principalmente a través de flujos de caja (opciones simples) y aquellos cuyos beneficios futuros incluyen opciones de posteriores inversiones (opciones compuestas). Opciones de crecimiento sencillas – como reducciones de costos rutinarios y proyectos de mantenimiento y reposición crean valor sólo a través de los flujos de caja provenientes de los activos subyacentes.

Las opciones de crecimiento compuestas- como proyectos de investigación y desarrollo, una expansión importante en un mercado existente, la entrada en un nuevo mercado, y las adquisiciones (de nuevos negocios o empresas)-, conducen a nuevas oportunidades de inversión y afectan el valor de las opciones de crecimiento existentes. La complejidad de las opciones compuestas, su papel en dar forma a la estrategia de la empresa e, incluso, su impacto en la supervivencia de la organización, requieren un análisis más profundo. Una empresa debe considerar estos proyectos como parte de un grupo mayor de proyectos o como un conjunto de decisiones de inversión que se extienden a lo largo del tiempo. Dada la estrategia de la empresa, los ejecutivos deberían preguntarse si una opción en particular proporciona las oportunidades de inversión convenientes en los mercados apropiados dentro de un marco temporal adecuado a las necesidades de la empresa.

4.-La empresa debe separar los proyectos que requieren una decisión inmediata sobre la totalidad del proyecto, de aquellos en los que tiene flexibilidad para decidir en el futuro. Finalmente, la empresa debe preguntarse si se puede conseguir totalmente los beneficios de la opción o si éstos estarán también disponibles para otros competidores.

5.- Al considerar las oportunidades de inversión desde el punto de vista de la valoración de opciones, será más fácil que los directivos reconozcan que:

a) el VAN convencional puede infravalorar determinados proyectos al suprimir el valor de las opciones presentes en el proyecto.

b) se pueden aceptar proyectos con VAN negativo si el valor de opción asociada a la flexibilidad futura supera el VAN de los flujos de efectivo (cash flows) esperados del proyecto.

c) la magnitud de la infravaloración y la medida en que los directivos podrían invertir justificadamente más de lo que dictan las reglas convencionales del VAN se puede cuantificar mediante la teoría de opciones.⁴²

6.- El marco de las opciones, indica que el valor de la flexibilidad de la dirección futura es mayor en entornos más inciertos. Este valor aumenta en períodos con tipos de interés altos y cuanto más grande sea la duración del periodo, tienen más oportunidades de inversión. Por consiguiente, a diferencia de lo que se cree generalmente, mayor incertidumbre, tipos de interés altos y horizontes de inversión más lejanos (cuando se puede aplazar una parte de la inversión), no son necesariamente perjudiciales para el valor de una oportunidad de inversión. A pesar de que estas variables reducen el VAN estático de un proyecto, también pueden provocar un aumento del valor de las opciones del proyecto (valor de la flexibilidad de la dirección) que puede contrarrestar el efecto negativo anterior.

7.- Una opción real sólo será valiosa si proporcionan una ventaja competitiva sostenible. Esta ventaja competitiva depende fundamentalmente de la naturaleza de los competidores (normalmente, si la competencia es intensa y los competidores son fuertes, la sostenibilidad será menor) y de la naturaleza de la ventaja competitiva (si es un recurso escaso, por ejemplo terrenos edificables escasos la sostenibilidad será mayor).

⁴² España. Universidad de Navarra. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. Pablo Fernández. 2008 (Disponible para consultar en <http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>)

Capítulo 3. Recursos energéticos empleados en las artes gráficas.

3.1 Artes gráficas

El concepto de Artes Gráficas hace principalmente referencia a la elaboración de todo tipo de elementos visuales fundamentalmente a partir de técnicas de dibujo y grabado, aunque tiende a restringirse en especial a técnicas relacionadas con la imprenta.

Por lo tanto, podemos decir que las Artes Gráficas consisten en un proceso artístico de la creación y elaboración de un diseño utilizando un medio y la transferencia de la citada imagen a un sustrato, creando con ello una expresión artística.

Historia de las artes gráficas

El arte gráfico podemos considerarlo a partir de las primeras pinturas rupestres, las antiguas civilizaciones mostraron un gran interés por el arte del grabado y la pintura, sin embargo a partir del nacimiento de la imprenta es cuando se reproducen por primera vez y de forma múltiple, dibujos y textos con la ayuda de caracteres de imprenta tallados en tablas de madera (xilografía).

La xilografía fue descubierta en China al igual que la fabricación de papel. La impresión más antigua que se conoce de China, y que se asemeje a un libro, data del año 868 después de Cristo.⁴³ Los chinos emplearon por primera vez la técnica de la impresión con caracteres de madera en el siglo VII u VIII y los tipos móviles unos 400 años antes que Gutenberg.⁴⁴

Universalmente se considera inventor de la imprenta a Johannes Gutenberg (Siglo. XV), por su creación de los tipos móviles de plomo fundido, mucho más resistentes que los de madera (tipografía); fue en 1437, cuando Gutenberg encargó a un tornero de Maguncia, Konrad Sasbach, la construcción de su imprenta y él mismo crea los moldes para el

⁴³ María Jesús Velduque Ballarín. Revista de Clases historia Publicación digital de Historia y Ciencias Sociales Artículo Nº 22415 de septiembre 2011. (disponible para consultar en: <http://www.claseshistoria.com/revista/2011/articulos/velduque-imprenta-origen.pdf>).

⁴⁴ España. UNESCO. 1972. El correo. El arte del libro. (disponible para consultar en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000782/078283so.pdf>).

fundido de las letras de plomo, que después se unían, una a una, formando las palabras en relieve en la llamada galera de composición, para poder imprimir con ellas sobre el papel.⁴⁵

En 1710, dos inventos confieren un gran impulso a las técnicas de impresión:

- El realizado por Jakob Christof Le Blon, que descubre la tricromía (reproducción de imágenes en colores a partir de tres básicos: rojo, azul y amarillo).

- Y el del holandés J. Van der Mey, que inventa, en colaboración con el predicador alemán Johannes Müller, la estereotipia. Este proceso permitirá la reproducción masiva, rápida y barata de formas de impresión en relieve basadas en planchas de plomo.⁴⁶

En 1796, el austriaco Alois Senefelder inventa la técnica de impresión denominada litografía y en 1876 la patentaría en color.⁴⁷ Se trata del primer proceso de impresión en plano. Para esta técnica se emplean como soporte placas de piedra caliza que absorben las sustancias grasas y el agua, aunque éstas no se mezclan entre sí. Si se dibuja o escribe sobre dicha piedra con un color graso y acto seguido se humedece la superficie con agua, ésta penetrará en la piedra sólo en aquellos lugares no cubiertos por los trazos escritos. Si se aplica después tinta grasa de impresión sobre la piedra, las zonas mojadas no la aceptan, mientras que queda adherida al resto de la plancha, pudiendo procederse así a la impresión.

En 1822, después de que el francés Simon Ballanche concibiera la idea de construir una máquina automática para componer textos, el estadounidense William Church logra construir la primera máquina de este tipo, la componedora. La idea era mecanizar y facilitar al máximo la complicada tarea de componer manualmente los tipos de plomo de la tipografía, uno a uno, formando textos completos, como se hacía desde Gutenberg.⁴⁸

En 1845 Richard Hoe (EEUU) obtiene una patente referida a la primera rotativa moderna. La gran demanda en este período de grandes tiradas de los periódicos existentes, llegando

⁴⁵ Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid España. 2013 (Disponible para consultar en: <http://biblioteca.ucm.es/foa/11114.php#3>).

⁴⁶ Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid, Madrid España. 2013 (Disponible para consultar en: <http://biblioteca.ucm.es/foa/11114.php#3>). M. Riat, Técnicas Gráficas, Una introducción a las técnicas de impresión y su historia v. 3.00. Burriana (2006) (Disponible para consultar en <http://www.riat-serra.org/tgraf-7.pdf>).

⁴⁷ España. Ana Ma. Veiga Romero. Museo arqueológico provincial de Ourense. Piedra litográfica. 2010 (Disponible para consultar en: http://www.musarqourense.xunta.es/wp-content/files_mf/pm_2010_09esp.pdf).

⁴⁸ España UNESCO, El correo. El arte de imprimir, de los tipos móviles al microprocesador. 1998. (Disponible para consultar en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0007/000796/079609so.pdf>).

a superar incluso la producción de libros, hizo posible el éxito de las rotativas; y en 1846, el inglés Smart inventa una rotativa para la impresión litográfica, en la que todo el proceso se automatiza excepto para la entrada (alimentación) y salida (retirada) del papel. Surge así la primera imprenta de offset automática.⁴⁹

Así, en 1848 el diario londinense “The Times” pone en funcionamiento una rotativa rápida; máquina perfeccionada por los ingenieros Augustus Applegath y Edward Cooper.⁵⁰

Años después, en 1851, el constructor británico T. Nelson logra desarrollar una rotativa para la impresión sobre bobinas continuas de papel y, más tarde, en 1863, el inventor estadounidense William A. Bullock obtendrá la patente de la primera prensa rotativa para la impresión de libros sobre papel continuo, modelo para las rotativas posteriores.⁵¹

Siguiendo con la progresión cronológica, hubo algunos intentos como el del inglés Black, que inventó en 1850 una máquina plegadora automática capaz de plegar en octavo hasta dos mil pliegos por hora, al estar equipada con dispositivos de plegado y corte.⁵²

En 1859 el fotógrafo inglés Warren de la Rue desarrolla un nuevo procedimiento que permite elaborar planchas para imprimir libros, hechas de cola y glicerina. Esta técnica, denominada hectografía, se convertirá muy pronto en el procedimiento estándar empleado para imprimir normalmente pequeñas tiradas.

En 1884 el invento de la linotipia por parte del relojero alemán Ottmar Mergenthaler, basado en la composición totalmente automatizada de los textos revoluciona la forma de impresión. La innovación consistía en la posibilidad de poder escribir una a una las líneas del texto mediante un teclado, en lugar de ir componiéndolas letra a letra con sus correspondientes tipos de plomo manualmente. Así, una vez finalizada la composición de una línea, se fundía el molde de impresión en negativo, con plomo líquido, obteniéndose un sello de plomo para la impresión.

⁴⁹ España AVANCES TECNOLÓGICOS DE LA EDAD MODERNA, 2010. (Disponible para consultar en: http://www.timerime.com/es/linea_de_tiempo/1368978/AVANCES+TECNOLGICOS+DE+LA+EDAD+MODERNA/).

⁵⁰ México .La Jornada. Hugo Gutiérrez Vega. Bazar de Asombros. La información, 2010. (Disponible para consultar en: <http://www.jornada.unam.mx/2010/02/28/sem-bazar.html>), España Gran Canaria .Asociación de empresarios de imprentas y artes gráficas, Historia de la imprenta en las Palmas, 2012 (Disponible para consultar en: www.aeiag.com/historia.htm).

En 1904 la técnica de la litografía, llega a su punto máximo con el desarrollo de la impresión en offset, utilizada en la actualidad. El offset fue desarrollado por dos técnicos de forma independiente; por un lado el alemán Caspar Hermann y por el otro el impresor Ira W. Rubel. Aunque fue Hermann el que obtiene su método a partir de la tradición histórica de la litografía, Rubel dio también con la invención pero de un modo casual, tras un fallo de uno de sus operarios en una rotativa.

Actualmente la autoedición, con la incorporación de los ordenadores a las múltiples facetas y etapas de la edición, ha supuesto una revolución de consecuencias impredecibles en este campo. Una ventana abierta a la libertad de edición en el siglo XXI (Internet, CD-ROM, multimedia, edición de documentos desde el propio domicilio o centro de trabajo, etc.).

Artes gráficas en México.

Es posible que entre los años 1533-1537, ya existiera un modesto taller gráfico en México, a cuyo frente estaba Esteban Martín, sin embargo, para algunos historiadores esto no es del todo cierto, la certeza histórica es que el progresista Juan de Zumárraga contrató entre 1532 y 1533, al célebre impresor, domiciliado en Sevilla Juan Cromberger. Éste jamás cruzó los mares ni trabajó en el Nuevo Mundo, pero el 12 de junio de 1539 celebró acuerdo con Giovanni Paoli, conocido como Juan Pablos, quien debía trasladarse a México e instalar un taller tipográfico con los materiales que Cromberger pondría a su disposición.

Pablos trabajaría para sí y para otros, recibiendo una quinta parte de las ganancias como salario. Además, si algunos “tipos para impresión” fuesen inservibles no podría donarlos, habría de fundirlos a fin de evitar la competencia de terceros. El texto del acuerdo también señalaba que todos los libros habrían de llevar en su pie de imprenta el nombre de Juan Cromberger.

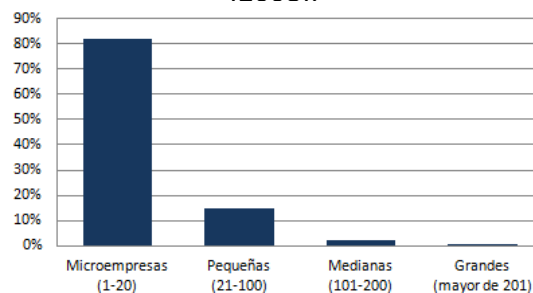
La vigencia del contrato duró diez años, y es a partir de 1548 que desaparece de los impresos el nombre de Cromberger y se introduce el de Giovanni Paoli que tanto esplendor diera a la industria en el país.

Según Joaquín García Icazbalceta, durante el siglo XVI, se imprimieron en México 116 obras, algunas verdaderamente bellas como el *Manual de Adultos*, el *Vocabulario de Alonso Molina*, la *Physica Speculatio*; los *Diálogos de Cervantes* de Salazar; el *Missale Romanum* y la *Opera Medicinalia*, entre otros.

Sobre qué tanto leía la población de la Nueva España no se tiene mayor información, lo que sí consta gracias a los catálogos de importantes bibliotecas europeas, es que los libros publicados en el Nuevo Mundo circularon en Europa. Incluso hay referencia de algunos que con licencia en México, llegaron a publicarse en Europa; tal es el caso del *Florilegio medicinal* escrito por Juan de Esteyneffer (1712) y en México los herederos de Juan Joseph Guillena Carrascoso, también publicados en Ámsterdam (1719) y posteriormente dos ediciones más, en Madrid (1729 y 1755).

Desde entonces, la evolución de las artes gráficas en México ha sido notable, la implementación de nuevas y mejores tecnologías ha permitido la realización y mejora de los trabajos que hoy en día se realizan. Para el año de 2008 la industria gráfica en México se integró por 14,900 empresas de las cuales el 97% eran micro y pequeñas empresas y menos del 1% grandes empresas con más de 150 empleados (Figura 16)⁵³

Figura 12. Distribución de empresas del sector de las artes gráficas en México (2008).



Fuente: Elaboración propia con datos de la Cámara Nacional de las Artes Gráficas (CANAGRAF).

3.2 Recursos energéticos empleados y su importancia en el proceso productivo.

En México el sector de las artes gráficas está clasificado como un subsector manufacturero, nombrado como **impresión e industrias conexas** las cuales se definen como:

⁵³ México. Cámara nacional de la industria de las artes graficas. (CANAGRAF .2013), LA INDUSTRIA DIGITAL ACTUALIDAD Y PERSPECTIVAS. (Disponible para consultar en: http://www.canagrafgrafico.com/img/LA_INDUSTRIA_DIGITAL_ACTUALIDAD_Y_PERSPECTIVAS.pdf)

Unidades económicas dedicadas principalmente (u.e.d.p.), a la impresión, de periódicos, revistas, folletos, catálogos, formatos y otros productos mediante cualquier técnica de impresión y sobre cualquier tipo de material. Incluye también, u.e.d.p., a la impresión sobre prendas de vestir; a la producción de formas continuas; a la impresión rápida, y a las actividades conexas a la industria de la impresión, como la encuadernación y la elaboración de placas, clichés, grabados.⁵⁴

México en la actualidad, cuenta con un sector de impresión en vías de modernización, que ha sabido adaptarse al desarrollo de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones, y que ha evolucionado en su constante adaptación a las innovaciones tecnológicas, así como en materia de seguridad y medio ambiente. Con esta idea, la optimización del consumo energético tiene, como en el resto de actividades industriales, una especial relevancia en las empresas de las Artes Gráficas.

Para entender de mejor manera es necesario estudiar, el proceso de producción, así como, los energéticos que intervienen en el mismo.

De la diversidad de instalaciones que puede tener este sector, así como del catálogo de servicios que en ellos se ofrecen (Preprensa, de la computadora a la placa CTP por sus siglas en inglés, impresión, almacenamiento, etc.) depende el suministro de energía; como norma general, se puede decir que las aplicaciones que más consumo de energía concentran son: maquinaria, climatización e iluminación. Sin embargo, la distribución del consumo energético, entre energía eléctrica y energía térmica, demandada por una empresa dedicada a las artes gráficas, depende de varios factores: del tipo de negocio, su situación, categoría, tamaño, características de su maquinaria y equipos, entre otros.

El consumo energético de una empresa de artes gráficas supone uno de sus gastos principales; la abundante maquinaria y la constante iluminación son piezas fundamentales en la rentabilidad de la eficiencia energética. Sin embargo, no siempre un mayor consumo energético equivale a un mayor confort o a un mejor servicio. Se conseguirá un grado de eficiencia óptimo cuando el confort de los distintos ambientes y el consumo estén en la proporción adecuada.

⁵⁴ México 2007. Catálogo SCIAN. (Disponible para consultar en: <http://www3.inegi.org.mx/rnm/index.php/ddibrowser/44/download/725>).

Energía eléctrica.

En general, los establecimientos dedicados a las artes gráficas consumen, por una parte, energía eléctrica en mayor cantidad que cualquier otro energético, para mover maquinaria, hacer funcionar equipos informáticos, iluminar, climatizar, etc.

A la hora de realizar la distribución del consumo energético se observa que, debido a la gran variedad de tipos de establecimientos, situación geográfica, combustibles y fuentes de energía utilizadas, es difícil hacer una distribución estándar del consumo de energía en el sector de las artes gráficas. No obstante, en cualquier caso, el consumo energético principal de este tipo de instalaciones corresponde a la maquinaria y equipos informáticos por su vinculación directa con la producción, la iluminación por la cantidad de horas que se utiliza, y la climatización por ser la encargada de asegurar las condiciones de confort que mejoran la productividad de los trabajadores.

Capítulo 4. Análisis de las variables energéticas.

4.1 Antecedentes

Impresora y Encuadernadora Progreso S.A (IEPSA), se remontan 67 años atrás, cuando en 1941 se constituyó un pequeño taller denominado Encuadernación Progreso. En marzo de 1960 este negocio familiar se transformó en sociedad anónima. Posteriormente, en 1969, uno de los accionistas de Encuadernación Progreso, S.A. (EPSA), fundó la empresa Lito Ediciones Olimpia, S.A. (LEOSA), que brindaba los servicios de offset, de manera que ambas empresas se interrelacionaron y complementaban sus servicios de artes gráficas. En 1975 el Fondo de Cultura Económica, integrante de la Administración Pública Federal, adquirió el capital accionario tanto de EPSA como de LEOSA; hacia 1988, la Secretaría de Educación Pública estimó conveniente proponer la fusión de ambas empresas, ya de participación estatal mayoritaria, dada la afinidad que guardaban sus actividades, a efecto de imprimir mayor energía a los programas de reestructuración y productividad de las entidades paraestatales de cara a la situación económica del país.

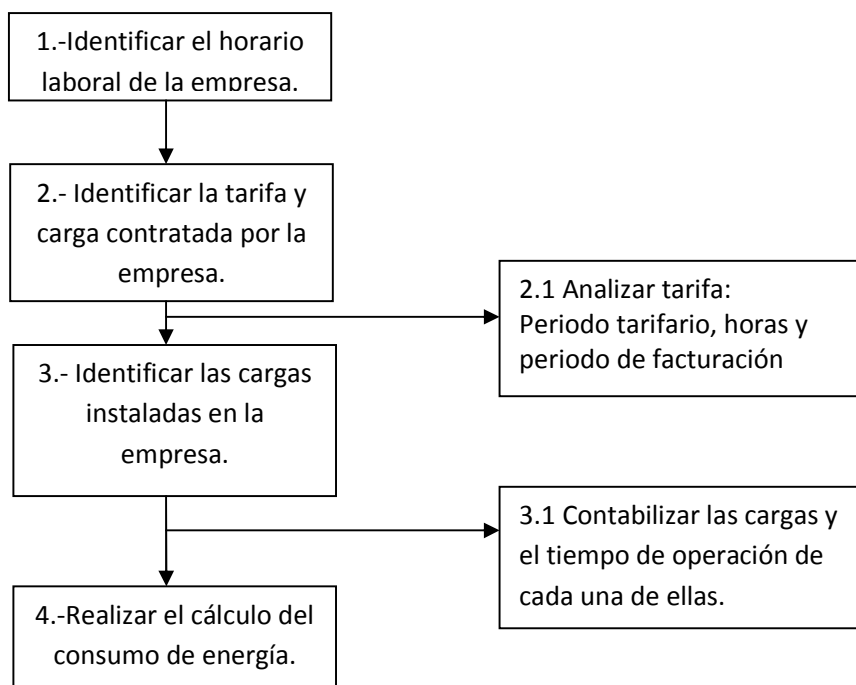
La denominación subsistente de la unión de ambas empresas fue Encuadernación Progreso, S.A., pero en 1992 ésta se transformó en la que actualmente ostenta para englobar la gama de servicios que ofrece. A lo largo de su historia, IEPSA ha ocupado diversos inmuebles como instalaciones para satisfacer sus necesidades operativas en función del crecimiento ya apuntado. Inicialmente, el taller se ubicó en un local del centro histórico de la Ciudad de México, en la calle de Revillagigedo.

Diecinueve años más tarde se trasladó a la colonia Portales, donde en primera instancia ocupó un local en la calle Municipio Libre. Posteriormente, el ritmo de crecimiento organizacional hizo necesaria la ampliación de las instalaciones a un local cercano, en la calle Tokio. Finalmente, el 21 de octubre de 1987 adquirió la propiedad de un local industrial con una superficie de 8,816 de terreno en la delegación Iztapalapa, que actualmente alberga las instalaciones⁵⁵.

⁵⁵México. (2012). Historia de IEPSA. (Disponible para consultar en: <http://cemsite.com.mx/progreso/quienes.html>).

4.2 Análisis de consumo

Diagrama de flujo para el análisis del consumo de energía eléctrica



1.- Identificar el horario laboral de la empresa.

Con las múltiples transformaciones que ha sufrido IEPSA, se considera que está dividida en dos grandes áreas; la de producción y la administrativa⁵⁶. Dentro de estas áreas se manejan horarios de trabajo distintos. (Tabla 4.1)

Tabla 4. 1. Turnos y horarios de Impresora y Encuadernadora Progreso S.A.

Area	Turno	Horario	
Administrativa	1	09:00	17:00
	1	07:00	15:00
Producción	2	15:00	22:30
	3	22:30	05:30

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

⁵⁶ “Así es como actualmente se nombran y dividen las áreas dentro de la empresa, esto no ha cambiado durante los últimos tres años”; época en la que se realizó el levantamiento de información.

2.- Identificar la tarifa y carga contratada por la empresa.

Además de esto, IEPSA se encuentra dentro de la tarifa horaria en media tensión HM (Tabla 4.2), con una demanda contratada de 658 KW y una carga conectada de 824 KW⁵⁷; durante el año 2012 facturó \$4, 430,001 pesos.

Tabla 4. 2. Horarios de facturación.

Fecha			Fecha		
Primer Domingo de Abril al último Domingo de Octubre.			Último Domingo de Octubre al primer Domingo de Abril.		
Periodo	Horario	Horas totales	Periodo	Horario	Horas totales
Base	0:00 – 6:00 horas	6	Base	0:00 – 6:00 horas	6
Media	6:00 – 20:00 horas	16	Media	6:00 – 18:00 horas	14
	22:00 – 24:00 horas			22:00 – 24:00 horas	
Punta	20:00 – 22:00 horas	2	Punta	18:00 – 22:00 horas	4

Fuente: Elaboración propia con datos de CFE.

3.- Identificar las cargas instaladas en la empresa.

Por otra parte los principales usos finales que se le da a la energía; que para este caso se está hablando exclusivamente de energía eléctrica, son iluminación y movimiento de maquinaria, siendo este último el de principal impacto en la facturación.

Uso final: iluminación.

Debido a la manera de trabajar en IEPSA, para el caso del área administrativa, el principal consumo de energía eléctrica está destinado a iluminación, mientras que para el área productiva, el principal consumo está destinado al movimiento de maquinaria. Para la iluminación, el levantamiento de lámparas y luminarias se realizó durante los meses de septiembre y octubre del año 2012; encontrando que en su mayoría se trataba de sistemas de iluminación de dos lámparas fluorescentes de 59 y 32 watts del tipo T8, con balastos electrónicos de 2 X 59W y 2 X 32W respectivamente.

3.1.- Contabilizar las cargas y el tiempo de operación de cada una.

Para obtener la potencia total instalada de todas las cargas se empleó la siguiente ecuación:

⁵⁷ Recibos del consumo eléctrico de IEPSA.

$$P_{Total} = N^{\circ}_{Lamparas} * P_{Nominal} * FB$$

Dónde:

P_{Total} = Potencia total en la línea.

$N^{\circ}_{Lamparas}$ = Numero de lámparas del sistema.

$P_{Nominal}$ = Potencia nominal de cada lámpara.

FB= Factor de Balastro⁵⁸.

Ejemplo:

$$2703.36[W] = 96 \times 32[W] \times .88$$

Al tratarse de una tarifa horaria el consumo destinado a iluminación se fragmento en los diferentes horarios de acuerdo a la tarifa contratada, el número de horas de operación de los sistemas de iluminación, se estimó con base a las horas de trabajo de cada una de las diferentes áreas; en este caso, para el área administrativa se consideró un periodo promedio de 12 horas de funcionamiento y para el caso de producción dadas las condiciones del inmueble y lo observado durante el periodo de contabilización de cargas, se estimó que en algunas áreas los equipos permanecen encendidos las 24 horas del día, obteniendo los promedios de horas correspondientes para cada tipo de lámpara (Tabla 4.3 y Tabla 4.4).

Tabla 4. 3. Levantamiento de lámparas, estimado de carga total instalada y horas de operación del primer domingo de abril a último domingo de octubre.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	96	Fluorescente T8	32	2,703.36	0	12	0
	18		59	934.56	0	12	0
	87	LED T8	18	1,566.00	0	12	0
Producción	17	Aditivos metalicos	400	6,800.00	6	2	4
	54	Fluorescente T8	32	1,520.64	5.42	12.57	3.57
	339		59	17,600.88	5.5	13.8	3.69
	4	Fluorescente T12	72	253.44	0	12	0
	85	LED T8	18	1,530.00	4.5	13.5	3

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA. (Ver detalle en Anexo 1, Tabla 1)

⁵⁸ El factor de balastro empleado es de .88 para los sistemas de 32 W, 59W y 72W, este factor se obtuvo del catálogo de OSRAM; ya que es la marca de balastos que están instalados en IEPSA, y para los sistemas de aditivos metálicos, el factor empleado es de 1.

Tabla 4. 4. Levantamiento de lámparas, estimado de carga total instalada y horas de operación del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	96	Fluorescente T8	32	2,703.36	0	12	0
	18		59	934.56	0	12	0
	87	LED T8	18	1,566.00	0	12	0
Producción	17	Aditivos metalicos	400	6,800.00	6	2	6
	54	Fluorescente T8	32	1,520.64	5.42	10.77	5.35
	339		59	17,600.88	5.5	11.86	5.53
	4	Fluorescente T8	72	253.44	0	12	6
85	LED T8	18	1,530.00	4.5	11.57	4.5	

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA (Ver detalle en Anexo 1, Tabla 2)

4.- Realizar el cálculo del consumo de energía.

Para el cálculo del consumo anual, se empleo la siguiente ecuación:

$$\text{Consumo [kWh]} = [(\text{Potencia instalada de iluminación [kW]} * (\text{horas de uso [h]} * (\text{dias})))$$

Se emplearon 256 días laborables al año⁵⁹, divididos en los dos periodos de facturación correspondientes a la tarifa HM antes mencionada (Tablas 4.5 y Tabla 4.6.).

Ejemplo:

$$19,549.66 \text{ [kWh]} = \left\{ [(6,800[W] \times 6[h]) + (1,520.64[W] \times 5.42[h]) + (17,600.88[W] \times 5.5[h]) + (1,530[W] \times 4.5[h])] \times \left(\frac{256}{2}\right) \right\} / 1,000$$

Tabla 4. 5. Carga total de iluminación instalada y consumo total del primer domingo de abril a último domingo de octubre

Potencia total instalada [W]	32,908.88
Consumo Total [KWh]	
Base	19,549.66
Media	46,303.99
Punta	13,077.24

Tabla 4. 6. Carga total de iluminación instalada y consumo total del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

Potencia total instalada [W]	32,908.88
Consumo Total [KWh]	
Base	19,549.66
Media	41,205.01
Punta	19,798.26

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

3.- Identificar las cargas instaladas en la empresa.

⁵⁹ Los 256 días son el resultado, de la resta de fines de semana, y días de asueto en un año.

Uso final: movimiento de maquinaria.

IEPSA al ser catalogada como una empresa grande, cuenta con diferentes máquinas para sus variados servicios, ahora, para determinar la carga instalada; durante el año 2012, se llevó a cabo dentro de la industria la recolección de información necesaria, primeramente proviene de los manuales que tiene la empresa sobre sus equipos como; la potencia instalada, la eficiencia y capacidad nominal de producción para cada una de las máquinas; para el caso de aquellos equipos, que no se encontró información en algún tipo de documentación, se extrajo directamente de los datos de placa de la maquinaria en cuestión.

3.1.- Contabilizar las cargas y el tiempo de operación de cada una.

Con la información recopilada, y la siguiente ecuación:

$$P_{Total\ instalada} = \sum P_{Nominal\ de\ la\ maquina}$$

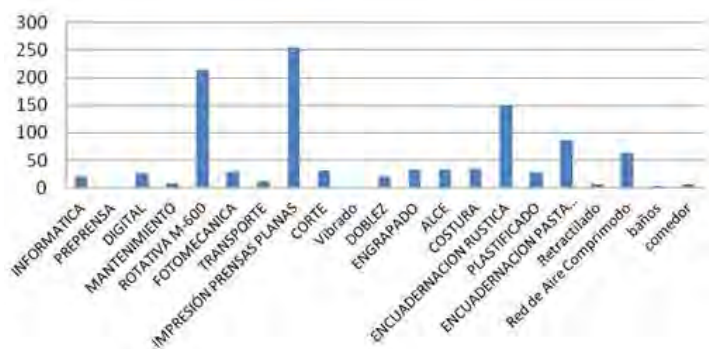
Dónde:

$P_{Total\ instalada}$ = Potencia total en la línea.

$P_{Nominal}$ = Potencia nominal de cada lámpara.

Se obtuvo que, la carga total conectada en IEPSA, es de 1,111.36 KW, distribuidas entre sus diferentes equipos. Asimismo se observa que las cargas más representativas son: el área de impresión de prensas planas, la Rotativa M-600, la encuadernación pasta dura Kolbus y la encuadernación rústica (Figura 14).

Figura 13. Distribución de cargas por áreas en IEPSA (KW).



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA (Ver detalle en Anexo 2, Tabla 1 y Tabla 2)

Posteriormente con datos de producción proporcionados por la empresa fue posible determinar las horas y eficiencia de operación para cada máquina en cada uno de los horarios de facturación como ejemplo:

Tenemos la máquina Speed Master SM 102

Dónde⁶⁰:

V max= 13,000 pliegos por hora

P maquina = 42.5 KW

Producción diaria en enero= 16,608 pliegos

Horas diarias de uso en enero = 9

V max= velocidad máxima de operación.

P maquina= potencia nominal de maquina

Por lo tanto la producción por hora es $\frac{16,608}{9} = 1,845.33$ pliegos por hora; y la eficiencia es $\left(\frac{1,845.33}{13,000}\right) \times 100 = 14.19\%$

Esta metodología se aplicó para cada una de las máquinas, obteniendo promedios de operación de eficiencia y horas para cada periodo tarifario. (Tabla 4.7. y Tabla 4.8.)

Tabla 4. 7. Horas y eficiencia de operación de maquinaria del primer domingo de abril al último domingo de octubre.

Carga total instalada de Maquinaria [KW]	1,111.36
Horas de operación promedio	
Base	3.14
Media	8.47
Punta	1.35
Eficiencia de operación promedio	
Base	51%
Media	54%
Punta	51%

Tabla 4. 8. Horas y eficiencia de operación de maquinaria del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

Carga total instalada de Maquinaria [KW]	1,111.36
Horas de operación promedio	
Base	3.14
Media	9
Punta	3.14
Eficiencia de operación promedio	
Base	51%
Media	40%
Punta	31%

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA (Ver detalle en Anexo 2, Tabla 1 y Tabla 2)

4.- Realizar el cálculo del consumo de energía.

Posteriormente para obtener el consumo promedio mensual se aplicó la siguiente ecuación:

⁶⁰ V max, y P maquina se obtuvo de los manuales de la maquina proporcionados por IEPSA; sin embargo, es posible consultarlos en: http://www.heidelberg.com/www/binaries/bin/files/dotcom/en/products/sheetfed_offset/70x100/td_einleger_sm_102_en_lr.pdf, la producción y las horas de uso pertenecen al primer y segundo turno del mes de enero de 2012 y fueron proporcionados por IEPSA.

$$\text{Consumo [kWh]} = [((\text{Potencia de maquinaria[kW]}) * (\text{Eficiencia de operación})) * (\text{horas de operación promedio[h]}) * (\text{días})]$$

Se emplearon 21 días laborables al mes⁶¹, y se calculo el consumo en los dos periodos tarifarios de la empresa (Tablas 4.9 y Tabla 4.10.).

Ejemplo:

$$37,374.3699 \text{ [kWh]} = [((1,111.36[\text{kW}]) * (.51)) * (3.14[\text{h}]) * (21)]$$

Tabla 4. 9. Carga total instalada de maquinaria, y consumo total del primer domingo de abril al último domingo de octubre.

Carga total instalada de Maquinaria [KW]	1,111.36
Consumo de energía en [KWh]	
Base	37,374.3699
Media	106,745.9057
Punta	16,068.5985

Tabla 4. 10. Carga total instalada de maquinaria, y consumo total del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

Carga total instalada de Maquinaria [KW]	1,111.36
Consumo de energía en [KWh]	
Base	37,374.3699
Media	84,018.816
Punta	22,717.7543

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Para validar la información de producción proporcionada por IEPSA se realizo la comparación de estos consumos con base en los datos de facturación; considerando que si el 10% del consumo total facturado pertenece ha iluminación, el 90% restante corresponde a maquinaria; tomando como referencia las eficiencias de operación antes calculadas podemos calcular el porcentaje de error de la eficiencia y las horas de operación de cada máquina para cada periodo tarifario obteniendo:

Que el consumo promedio mensual para el periodo del primer domingo de abril al último domingo de octubre de 2012; fue de 119,273 [KWh]; la maquinaria consume el 90% de esto que es 107,346[KWh], entonces;

$$107,346 \text{ [kWh]} = [((1,111.36[\text{kW}]) * (\text{Eficiencia de operación}\%)) * (\text{horas de uso[h]}) * (21)]$$

Si comparamos este valor con el obtenido anteriormente que es de:

$$106,745.9057 \text{ [kWh]} = [((1,111.36[\text{kW}]) * (54\%)) * (8.47[\text{h}]) * (21)]$$

⁶¹ Los 21 días son el resultado, del cociente de 256/12.

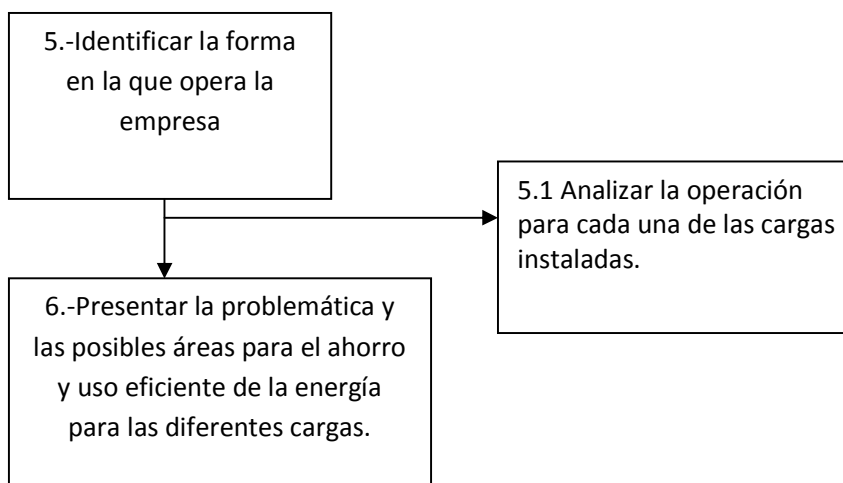
Tenemos un porcentaje de error del

$$.5 = \frac{107,346 [kWh] - 106,745.9057 [kWh]}{107,346 [kWh]} \times 100$$

Por lo tanto consideramos que los datos calculados y observados de eficiencia y horas de operación están correctos

4.3 Planteamiento del problema.

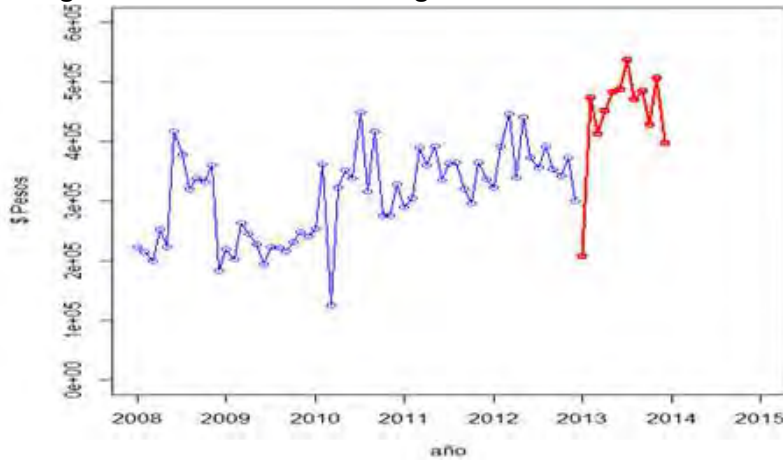
Diagrama de flujo para el análisis de la problemática



5.-Identificar la forma en la que opera la empresa.

IEPSA en los últimos años, ha tenido un crecimiento en infraestructura (maquinaria y equipo); y de personal, debido a esto, el incremento en el consumo energético se hizo consecuente; con la información y el historial de facturación durante el periodo de 2008 a 2012, fue posible pronosticar el costo de facturación para el año 2013 (Figura 15), en donde se observa una estacionalidad mensual y una ligera tendencia de aumento en el costo de facturación; esta información es de gran utilidad, porque, abre la posibilidad de pronosticar un incremento en el costo de facturación bajo las condiciones actuales de operación de la empresa, lo que permite dar cierta certidumbre para la implementación de medidas para el ahorro y uso eficiente de la energía.

Figura 14 Facturación de energía en IEPSA de 2008-2012.



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Al analizar y realizar el levantamiento de las cargas así como la manera en que estas se comportan durante el tiempo de trabajo, se encontraron áreas de oportunidad para el ahorro, el mejor aprovechamiento de la energía y la reducción del costo de facturación.

A continuación se plantea la problemática encontrada y las posibles soluciones para la misma.

5.1.- Analizar la operación para cada una de las cargas instaladas.

Iluminación.

En la actualidad las instalaciones se encuentran iluminadas en su mayoría con lámparas fluorescentes tubulares tipo T8 de 32W y 59W con una carga total por iluminación de 32.908 [KW] y largos periodos de operación de los equipos es probable reducir dicha carga.

6.-Presentar la problemática y las posibles áreas para el ahorro y uso eficiente de la energía para las diferentes cargas.

Durante el año 2012 IEPSA comenzó con una renovación de sus equipos de iluminación al introducir lámparas de tecnología LED, desafortunadamente esta renovación no se concluyó, debido al alto costo de los equipos y al alta incertidumbre respecto al ahorro de dichos equipos; sin embargo, al implementar lámparas LED; es posible disminuir hasta un 50% de la carga instalada. Esta disminución se debería simplemente a la sustitución de equipos, y si además, se fomentará una cultura para un mejor aprovechamiento de la energía durante el día, el ahorro puede ser mayor.

5.1.- Analizar la operación para cada una de las cargas instaladas.

Maquinaria.

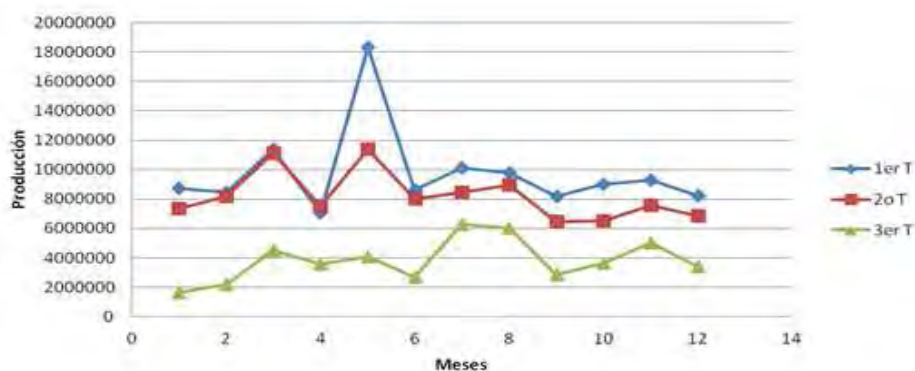
Para el caso de la maquinaria se encontró que el 90% de las máquinas instaladas, cuentan con motores de alta eficiencia (eficiencias iguales o mayores al 95%), además de que la mayoría de estos no tiene más de 10 años de fabricación, por lo tanto resulta poco viable pensar en un cambio de motores. A pesar de esto, el impacto en la facturación que representan todas las cargas referentes a la maquinaria es del 90%, por ello es importante implementar alguna técnica para el mejor aprovechamiento de la energía, con el objetivo de obtener un beneficio financiero.

6.-Presentar la problemática y las posibles áreas para el ahorro y uso eficiente de la energía para las diferentes cargas.

Ahora y; como se mencionó con anterioridad, al realizar el análisis de las cargas y su consumo, se encontró que la maquinaria opera en promedio al 50% de su capacidad de producción y el mayor consumo se tiene en el periodo tarifario de media. (Tabla 4.9. y Tabla 4.10.).

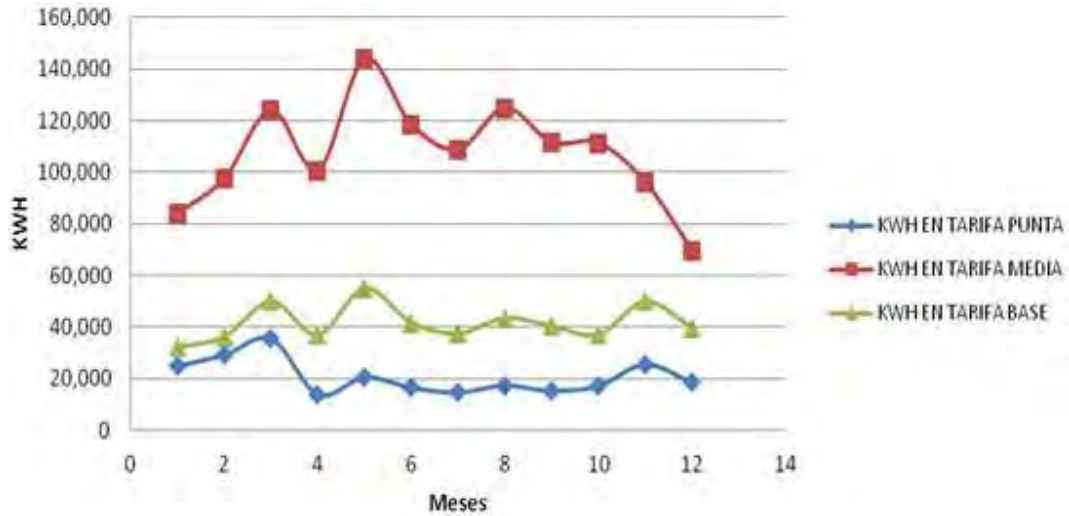
Al estudiar la producción y el consumo en los diferentes horarios es notable que la mayor producción este en el primer y segundo turno laboral y que el mayor consumo de energía este en el horario de facturación de media(Figura 16 y Figura 17), ahora, si comparamos los horarios de facturación con los mismos turnos laborales, (Tabla 4.1. y Tabla 4.2.) vemos que están dentro de los horarios tarifarios de media y punta, esto es congruente si observamos el costo de facturación, en donde el mayor costo está en el horario tarifario de media. (Figura 18)

Figura 15. Gráfica de producción de IEP SA en 2012



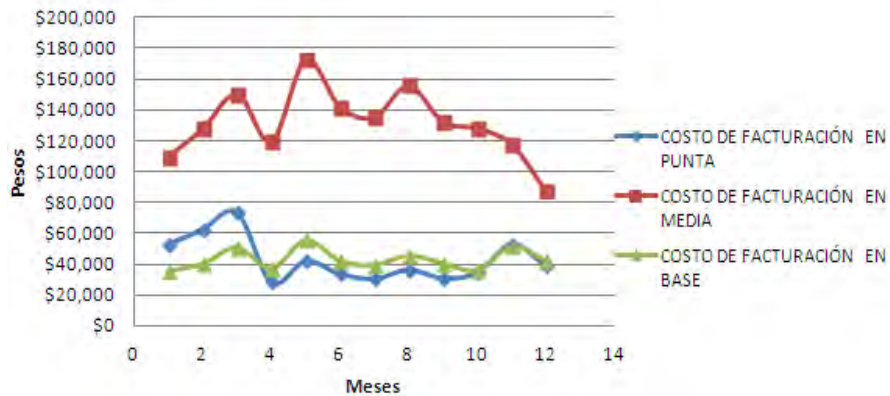
Fuente: Elaboración propia con datos de IEP SA

Figura 16. Gráfica del consumo en los diferentes horarios en IEPSA en 2012 (en kWh)



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Figura 17. Gráfica del costo de facturación en los diferentes horarios en IEPSA en 2012.



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

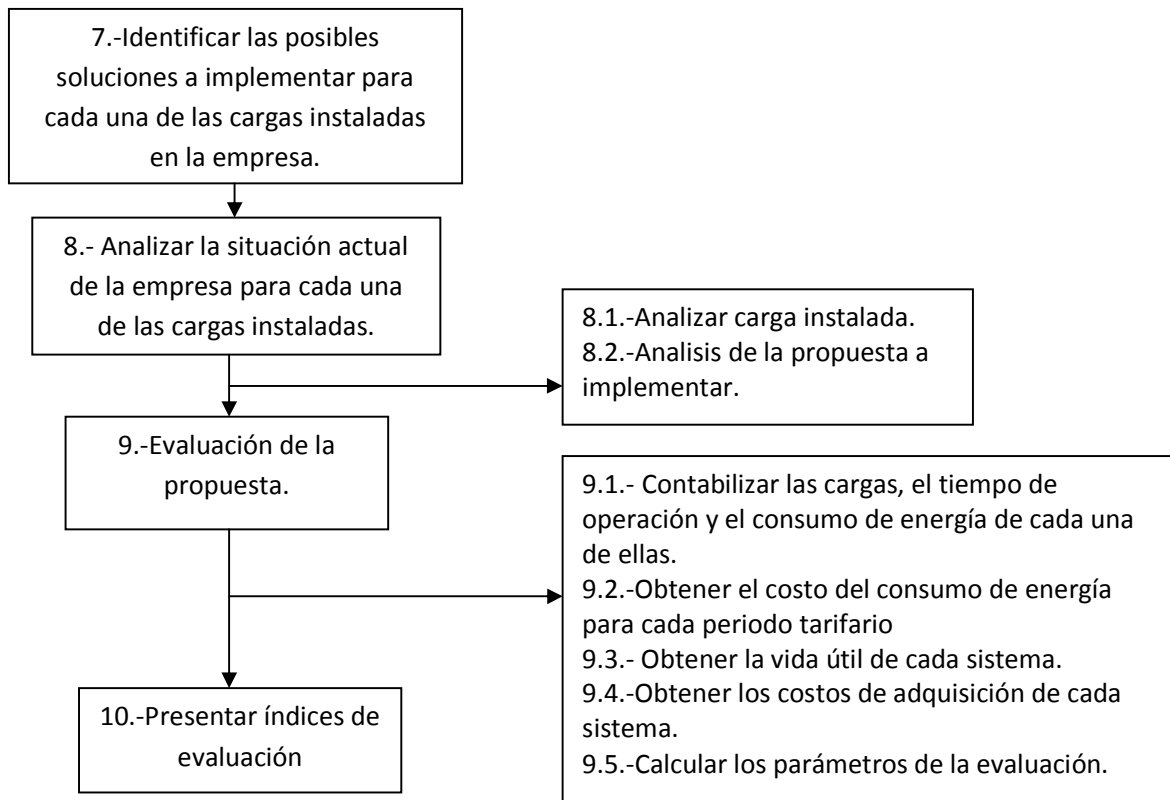
Sin embargo, un detalle a resaltar es el número de horas en cada periodo tarifario, si observamos detenidamente la Figura 18, el costo de facturación en el periodo tarifario de punta en ocasiones es menor con respecto al periodo tarifario de base y mucho menor con respecto al periodo de media, pero la diferencia de horas en cada uno de los periodos es bastante significativa; si comparamos el periodo base y el periodo punta, el costo de facturación es muy semejante a lo largo del año, a pesar de ello, la tarifa y el número de horas difiere bastante uno del otro; es decir en un lapso de 2 o 4 horas, (esto dependiendo la época del año, y la duración del periodo punta), se está gastando casi la misma cantidad de dinero que, en el lapso de 6 horas que dura el periodo base.

Al observar durante tres años la manera de laborar de IEPSA, y compararla con la recolección técnica de información, fue posible determinar porque ocurría lo anterior; se estimó que se debe a “costumbre laboral”, ya que la maquinaria se apaga media hora antes de todos los cambios de turno y se enciende media hora después de los mismos; los picos de producción se llevan a cabo dos o tres horas antes de finalizar cada turno laboral, y el encendido de maquinaria no se realiza de manera escalonada, principalmente después de los horarios de comida. Debido a estas situaciones, y a la coincidencia del horario tarifario de punta con el término del segundo turno, origina que el número de horas que dura el periodo punta, la maquinaria opere a mayor capacidad de producción y en un “corto tiempo” consuma más energía. Para solucionar esto, se propone realizar un control de la demanda eléctrica en el periodo punta⁶²; lo que permitiría una disminución en la demanda facturable y por lo tanto, en el costo de facturación.

⁶² “La aplicación de estas medidas permiten reducir la demanda eléctrica facturable, pero no siempre el consumo de energía”. Datos obtenidos de CONAE, (Disponible para consultar en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/4368/6/MCD.pdf>).

Capítulo 5. Evaluación de Posibles Soluciones.

Diagrama de flujo para la evaluación de las posibles soluciones.



7.-Identificar las posibles soluciones a implementar para cada una de las cargas instaladas la empresa.

En este capítulo se presentaran alternativas que puede tomar la empresa para ahorrar o aprovechar mejor la energía que está consumiendo para obtener un beneficio financiero, en el caso particular de la empresa de la cual se obtuvieron los datos se decidió por implementar nuevas tecnologías para el caso de iluminación, y para el caso de maquinaria realizar un control de la demanda eléctrica en el periodo tarifario de punta.

8.- Analizar la situación actual de la empresa para cada una de las cargas instaladas.

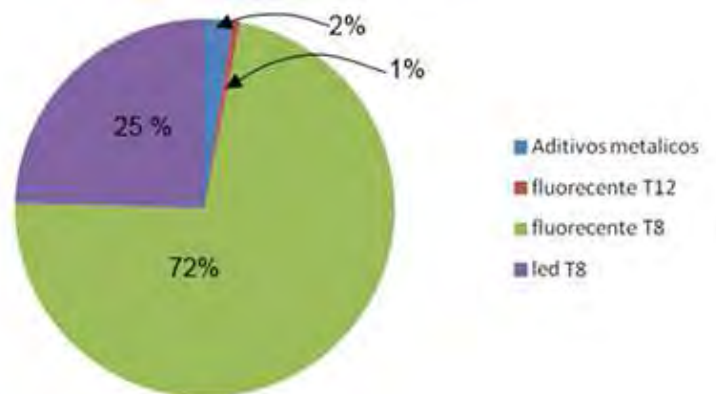
5.1 Iluminación.

8.1.-Analizar carga instalada.

Situación Actual.

La iluminación artificial, dentro de la empresa es de suma importancia, ya que en algunas áreas, debido al poco aprovechamiento de la iluminación natural que existe, las lámparas están prendidas por tiempo prolongado, en la actualidad la distribución de lámparas está dada de acuerdo a la Figura 19, como se hace notar, aun la mayoría de las lámparas instaladas son tubos fluorescentes del tipo T8, de 32W y 59W (72%), lámparas LED de 18W (25%), seguido de aditivos metálicos de 400 W con luminarios tipo campana (2%) y fluorescentes tubulares tipo T12 de 59W (1%).

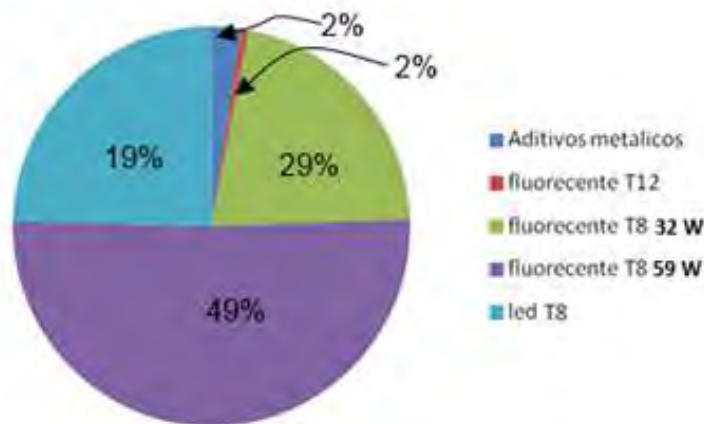
Figura 18. Lámparas instaladas en IEPSA



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

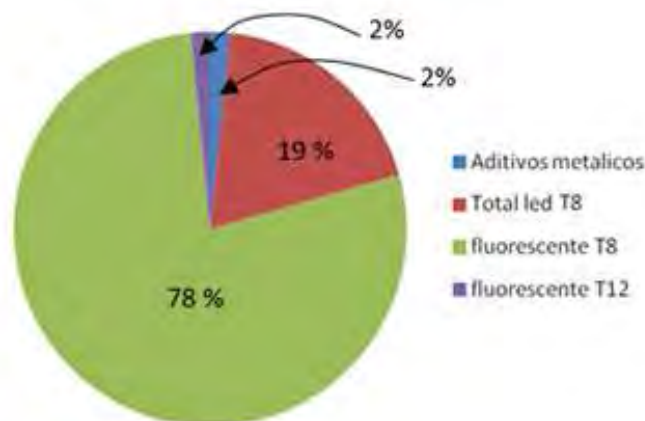
Además de analizar la cantidad de lámparas, también fue necesario un análisis más profundo, estudiando la distribución de acuerdo a su potencia (Figura 20); descubriendo que las lámparas de 59W representa la carga más significativa con el 49%, seguidas de las lámparas de 32W con el 29%, quedando rezagadas las lámparas LED con el 19%, aditivos metálicos y fluorescentes tipo T12, ambas con el 2%. Por otra parte, se investigó cual tipo de lámpara se usa más tiempo durante el día, teniendo como resultado que las lámparas tipo T8 de ambas potencias 32W y 59W, permanecen encendidas un mayor número de horas durante el día (Figura 21), con esto, continuar con la sustitución de estos equipos por tecnología LED es evidente, para obtener un mayor ahorro de energía y un beneficio económico.

Figura 19. Distribución de lámparas instaladas en IEPSA de acuerdo a la tecnología.



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Figura 20. Distribución de lámparas instaladas en IEPSA de acuerdo a las horas de uso.



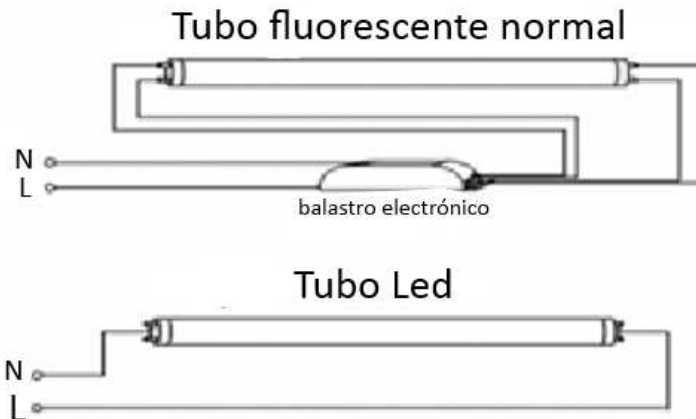
Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

8.2.-Análisis de la propuesta a implementar.

Propuesta de Mejora.

La propuesta para iluminación es; continuar con la sustitución de todas las lámparas fluorescentes tipo T8 por lámparas LED equivalentes en luminiscencia, esto es, porque son las que operan más horas durante el día y de las que hay un mayor número instaladas; en el mercado existen lámparas LED para satisfacer ésta necesidad, las cuales se pueden sustituir sin requerir modificación de luminario o "socket", esto es importante ya que solo es necesario modificar la manera de conectar, eliminando el balastro que utilizan las lámparas tipo fluorescentes (Figura 22), lo que origina posteriormente, recambios más sencillos y económicos.

Figura 21. Diagrama de conexión de lámparas LED.



Fuente: Elaboración propia con datos del manual de instalación de Greenin.

Ahora, se recomienda también como alternativa para los aditivos metálicos la tecnología LED, tomando en cuenta el catálogo de Greenin,⁶³ el equivalente para este tipo de lámparas es: lámpara LED NSIL180W-180W, las cuales tampoco necesitan de balastro, el tipo de luminario de campana se puede mantener y la única modificación es la forma de conexión. Al realizar el estudio, para el caso de las lámparas del tipo T12 la posibilidad de cambio no es óptima, debido a las características de luminiscencia, se encontró que estas son de suma importancia para el revelado de algunas placas, ya que realizan parte de la reacción de los químicos empleados en dicha tarea; las características especiales de estas lámparas ha provocado que se mantenga un control de “stock” debido a la escases de las mismas y se prevé que estas lámparas se eliminen cuando se deje de emplear este sistema de revelado.

9.- Evaluación de la propuesta.

Evaluación de propuesta.

Como se menciona debido a los “altos costos” de las lámparas LED en 2012, se decidió ya no invertir en este tipo de tecnología, ya que se tenía incertidumbre en el ahorro de consumo eléctrico y duda en la recuperación de la inversión.

Parte de los objetivos de este trabajo es evaluar la implementación de sistemas y/o tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía y analizar su impacto en el valor de la empresa; por tal motivo la idea principal es justificar la inversión que en ese momento,

⁶³ Empresa Greenin. Catálogos Técnicos. (Disponibles para consultar en: <http://www.ahorroenergiahoy.com.mx/producto.php?categoria=4&subcategoria=&producto=30>).

se realizó al iniciar con el cambio de lámparas y hacer notar si debía o no continuar con la sustitución; por tal motivo se plantearon tres escenarios, el primer escenario situado antes del año 2012 en donde aun no se contaba con ninguna lámpara de tipo LED instalada, el segundo escenario, que es la situación actual, en donde solo el 25 por ciento de las lámparas son de tipo LED y el tercer escenario en el cual se pronostica que el 100 por ciento de las lámparas son de tipo LED; como se menciona solo se comparara el escenario sin ninguna lámpara LED con el escenario pronosticado, el 100 por ciento de lámparas LED (Tabla 5.1, Tabla 5.2, Tabla 5.3, Tabla 5.4, Tabla 5.5, Tabla 5.6).

9.1.-Contabilizar las cargas, el tiempo de operación y el consumo de energía de cada una de ellas.

Para realizar los tres escenarios, el tiempo de operación se considero igual que la situación actual⁶⁴; con base a la misma metodología que se empleo en el análisis de consumo del diagrama de flujo 3.1 contenido en el apartado 4.2 se obtuvo la carga total y el consumo estimado de energía promedio para los tres escenarios.

Tabla 5. 1. Escenario anterior sin lámparas LED instaladas.

Estimado de carga total instalada y horas de operación del primer domingo de abril a último domingo de octubre.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	183	Fluorescente T8	32	5,153.28	0	12	0
	152		59	7,891.84	0	12	0
Producción	17	Aditivos metalicos	400	6,800.00	6	2	4
	139	Fluorescente T8	32	3,914.24	5.42	12.57	3.57
	339		59	17,600.88	5.5	13.8	3.69
	8	Fluorescente T12	72	506.88	0	12	0

Estimado de carga total instalada y horas de operación del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	183	Fluorescente T8	32	5,153.28	0	12	0
	152		59	7,891.84	0	12	0
Producción	17	Aditivos metálicos	400	6,800.00	6	2	6
	139	Fluorescente T8	32	3,914.24	5.42	10.77	5.35
	339		59	17,600.88	5.5	11.86	5.53
	8	Fluorescente T12	72	506.88	0	12	6

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

⁶⁴ Al tratarse de una sustitución de tecnología, sin involucrar una modificación de costumbres, los tiempos de operación de los equipos permanecen constantes para los tres escenarios.

Tabla 5. 2. Consumo de energía del escenario anterior sin lámparas LED instaladas.

Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.

Potencia total instalada [W]	41,867.12
Consumo Total [KWh]	
Base	20,328.96
Media	59,944.72
Punta	13,583.5

Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.

Potencia total instalada [W]	41,867.12
Consumo Total [KWh]	
Base	20,328.96
Media	54,672.23
Punta	20,750.76

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Tabla 5. 3. Escenario actual con el 25% de lámparas LED instaladas.

Estimado de carga total instalada y horas de operación del primer domingo de abril a último domingo de octubre.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	96	Fluorescente T8	32	2,703.36	0	12	0
	18		59	934.56	0	12	0
	87	LED T8	18	1,566.00	0	12	0
Producción	17	Aditivos metalicos	400	6,800.00	6	2	4
	54	Fluorescente T8	32	1,520.64	5.42	12.57	3.57
	339		59	17,600.88	5.5	13.8	3.69
	4	Fluorescente T12	72	253.44	0	12	0
	85	LED T8	18	1,530.00	4.5	13.5	3

Estimado de carga total instalada y horas de operación del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	96	Fluorescente T8	32	2,703.36	0	12	0
	18		59	934.56	0	12	0
	87	LED T8	18	1,566.00	0	12	0
Producción	17	Aditivos metalicos	400	6,800.00	6	2	6
	54	Fluorescente T8	32	1,520.64	5.42	10.77	5.35
	339		59	17,600.88	5.5	11.86	5.53
	4	Fluorescente T8	72	253.44	0	12	6
	85	LED T8	18	1,530.00	4.5	11.57	4.5

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 5. 4. Consumo de energía del escenario actual con el 25% de lámparas LED instaladas.

Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.

Potencia total instalada [W]	32,908.88
Consumo Total [KWh]	
Base	19,549.66
Media	46,303.99
Punta	13,077.24

Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.

Potencia total instalada [W]	32,908.88
Consumo Total [KWh]	
Base	19,549.66
Media	41,205.01
Punta	19,798.26

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Tabla 5. 5. Escenario pronosticado con el 100% de lámparas LED instaladas.
Estimado de carga total instalada y horas de operación del primer domingo de abril a último domingo de octubre.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	183	LED T8	18	2,898.72	0	12	0
	152		28	3,745.28	0	12	0
Producción	20	Aditivos metálicos (LED NSHBL)	210	4,200.00	6	2	4
	139	LED T8	18	2,201.76	5.42	12.57	3.57
	339		28	8,352.96	5.5	13.8	3.69
	4	Fluorescente T12	72	253.44	0	12	0

Estimado de carga total instalada y horas de operación del último domingo de octubre al primer domingo de abril.

AREA	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Potencia total instalada [W]	Horas promedio de uso en base	Horas promedio de uso en media	Horas promedio de uso en punta
Administrativa	183	LED T8	18	2,898.72	0	12	0
	152		28	3,745.28	0	12	0
Producción	20	Aditivos metálicos (LED NSHBL)	210	4,200.00	6	2	6
	139	LED T8	18	2,201.76	5.42	10.77	5.35
	339		28	8,352.96	5.5	11.86	5.53
	4	Fluorescente T12	72	253.44	0	12	6

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 5. 6. Consumo de energía del escenario pronosticado con el 100% de lámparas LED instaladas.

Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.

Potencia total instalada [W]	21,652.16
Consumo Total [KWh]	
Base	10,633.58
Media	29,966.88
Punta	7,101.786

Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.

Potencia total instalada [W]	21,652.16
Consumo Total [KWh]	
Base	10,633.58
Media	27,385.39
Punta	10,840.57

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

9.2.- Obtener el costo del consumo de energía para cada periodo tarifario.

Para obtener el costo energético para cada periodo tarifario, se calculo el promedio de los costos unitarios por kilowatthora en tarifa HM publicados en la página de CFE; con datos históricos de estos costos se obtuvo una tasa de crecimiento anual de 4 por ciento con este dato fue posible estimar los costos para el escenario pronosticado, es decir:

Costos promedio para 2011⁶⁴

	Punta	Media	Base
Costos Promedio [KWh]	\$1.9844	\$1.1804	\$0.9867

Costos promedio para 2012⁶⁵

	Punta	Media	Base
Costos Promedio [KWh]	\$2.0671	\$1.2296	\$1.0278

Para el escenario pronosticado solo se aumento la tasa de crecimiento a cada uno de los costos del año 2012.

Costos promedio para 2013

	Punta	Media	Base
Costos Promedio [KWh]	\$2.1498	\$1.2788	\$1.0689

Una vez que se obtuvo el costo unitario para cada escenario y periodo tarifario, se calculo el costo energético semestral de la siguiente manera:

$$\text{Costo estimado semestral} = (kWh \text{ base} * \text{tarifa}_{\text{base promedio}}) + (kWh \text{ media} * \text{tarifa}_{\text{media promedio}}) + (kWh \text{ punta} * \text{tarifa}_{\text{punta promedio}})$$

Ejemplo:

$$\$117,773.6 = (20,328.97 [kWh] \times \$0.9867) + (59,944.72 [kWh] \times \$1.1804) + (13,583.49 [kWh] \times \$1.9844)$$

Con base a estos cálculos, se determinó que para el escenario anterior se tiene una carga de 41.86 KW, originando un costo de facturación anual por concepto de iluminación de \$243,546.49 pesos, mientras que para el escenario actual fue de \$215,745.01 pesos con una carga de 32.9 KW y para el escenario pronosticado será de \$134,646.44 pesos con una carga instalada de 21.65 KW (Tabla 5.7).

⁶⁵ Costos promedio para el año 2011 y 2012 obtenidos a partir de los datos de CFE (Disponibles para consultar en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_industria.asp).

Tabla 5. 7. Comparativo de consumos y costos en los diferentes escenarios y horarios tarifarios.

Escenario anterior sin lámparas LED instaladas		Escenario actual con el 25% de lámparas LED instaladas		Escenario pronosticado con el 100% de lámparas en LED	
Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.		Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.		Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.	
Total [kW] instalados anterior	41.86	Total [kW] instalados actual	32.90	Total [kW] instalados pronosticado	21.65
[kWh] de uso en base	20,328.97	[kWh] de uso en base	19,549.65	[kWh] de uso en base	10,633.57
[kWh] de uso en media	59,944.72	[kWh] de uso en media	46,303.98	[kWh] de uso en media	29,966.88
[kWh] de uso en punta	13,583.49	[kWh] de uso en punta	13,077.23	[kWh] de uso en punta	7,101.78
Costo por [KWh] en base	\$0.9867	Costo por [KWh] en base	\$1.0278	Costo por [KWh] en base	\$1.0689
Costo por [KWh] en media	\$1.1804	Costo por [KWh] en media	\$1.2296	Costo por [KWh] en media	\$1.2788
Costo por [KWh] en punta	\$1.9844	Costo por [KWh] en punta	\$2.0671	Costo por [KWh] en punta	\$2.1498
Costo Estimado semestral	\$117,773.6	Costo Estimado semestral	\$104,060.7	Costo Estimado semestral	\$64,954.97
Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.		Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.		Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.	
Total [kW] instalados anterior	41.86	Total [kW] instalados actual	32.90	Total [kW] instalados pronosticado	21.65
[kWh] de uso en base	20,328.96	[kWh] de uso en base	19,549.65	[kWh] de uso en base	10,633.57
[kWh] de uso en media	54,672.23	[kWh] de uso en media	41,205.01	[kWh] de uso en media	27,385.38
[kWh] de uso en punta	20,750.76	[kWh] de uso en punta	19,798.26	[kWh] de uso en punta	10,840.56
Costo por [KWh] en base	\$0.9867	Costo por [KWh] en base	\$1.0278	Costo por [KWh] en base	\$1.0689
Costo por [KWh] en media	\$1.1804	Costo por [KWh] en media	\$1.2296	Costo por [KWh] en media	\$1.2788
Costo por [KWh] en punta	\$1.9844	Costo por [KWh] en punta	\$2.0671	Costo por [KWh] en punta	\$2.1498
Costo Estimado semestral	\$125,772.8	Costo Estimado semestral	\$111,684.2	Costo Estimado semestral	\$69,691.4

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

9.3.- Obtener la vida útil de cada sistema.

También al estudiar los sistemas de iluminación instalados, se determinó que el número de horas de vida de los sistemas fluorescentes es de 13,000 para las lámparas y de 5,000 para los balastos, el de los aditivos metálicos es de 50,000 para las lámparas y 60,000 para los balastos, mientras que para equipos LED es de 50,000 horas; a partir de las horas de vida se estimaron los años de vida para cada uno de los equipos considerando que los

equipos permanecen encendidos las 24 horas del día durante los 256 días que labora la empresa (Tabla 5.8), es clara la diferencia de vida de los sistemas LED con respecto a los fluorescentes, lo que hace pensar en la gran conveniencia para sustituirlos; para el caso de los sistemas de aditivos metálicos no es así, sin embargo, el consumo es mucho menor para equipos en tecnología LED.

Tabla 5. 8. Horas y años de vida de sistemas de iluminación.

Equipo	Horas de vida	Años
Lámpara de Aditivos metálicos 400 W	50,000	8.14
Balastro Aditivos metálicos 400 W	60,000	9.77
Balastro Electrónico fluorescentes	18,000	2.93
Tubo fluorescente	15,000	2.44
LED	50,000	8.14

Fuente: Elaboración propia con datos de manuales técnicos para cada equipo.

9.4.-obtener los costos de adquisición de cada sistema.

Además de las horas de vida, también se realizó un análisis del costo total de adquisición de los equipos instalados, así como del costo de la nueva tecnología lo que representaría el costo total de la inversión a realizar (Tabla 5.9.); los costos obtenidos para ambos casos, son costos del año 2012 y provienen de los distribuidores de cada equipo que se encuentran en la ciudad de México⁶⁶.

⁶⁶ Los precios se obtuvieron a partir de una encuesta realizada a distribuidores de los equipos en el Distrito federal, dentro de estos distribuidores se encuentran: Distribuidor eléctrico industrial; calle victoria 95, Centro México, C.P 06000,D.F. Tel: (55) 5512 0706; GRUPO PLEESA ILUMINACION S.A. de C.V; calle Dolores 38 local B y C, Centro México C.P 06050, D.F. TEL: (55)5512 0376;ELECTRO CONEXION INDUSTRIAL, S.A. DE C.V. calle Revillagigedo No. 78 Int.2, Centro C.P. 06070 México, D.F. Tel: (55) 5510-3228 y 5510-3239

Tabla 5. 9. Costo unitario para cada equipo, costo total de los equipos instalados y costo de los equipos a reemplazar.

Equipo	Costo Unitario	Cantidad	Total
Tubo fluorescentes 32 W	\$65.00	322	\$20,930
Tubo fluorescentes 59 W	\$180.00	491	\$88,380
Balastro 32 W	\$185.00	161	\$29,785
Balastro 59 W	\$210.00	245.5	\$51,555
Lámpara de Aditivos metálicos 400 W	\$500.00	17	\$8,500
Balastro Aditivos metálicos 400 W	\$750.00	17	\$12,750
LED	\$700.00	830	\$615,000

Fuente: Elaboración propia con precios actuales del mercado nacional

9.5.-Calcular los parámetros de la evaluación.

Con toda la información recolectada, se realizó análisis de flujo de efectivo para la evaluación del proyecto, asignando un periodo de vida de proyecto de 8 años, ya que es el tiempo de vida de los equipos LED (Tabla 5.8.), una inversión de \$615,000 pesos; por la sustitución de todas las lámparas fluorescentes de tipo T8 y aditivos metálicos (Tabla 5.9.) y una tasa del 12% obtenida a partir del costo promedio ponderado de capital.

Para el cálculo de los ingresos del primer periodo se realizo la siguiente estimación:

$Total\ de\ ingresos_{primer\ periodo} = Costo\ del\ consumo_{antiguos\ equipo} +$

$$+ \sum [(Costo\ de\ adquisición)_{antiguos\ equipos} * (Numero\ de\ recambios\ en\ el\ tiempo\ de\ vida\ del\ proyecto)]$$

Ejemplo:

$$\$848,416.79 = [\$243,546.49 + (\$20,930 \times 3.33) + (\$88,380 \times 3.33) + (\$29,785 \times 2.7) + (\$51,555 \times 2.7) + (\$8,500) + (\$12,750)]$$

Para los periodos posteriores solo se tomó en cuenta el costo del consumo de energía eléctrica de los equipos antiguos \$243,546.49 pesos, que representa el costo del consumo eléctrico que se dejara de tener al sustituir los equipos antiguos por tecnología LED.

$$Total\ de\ ingresos_{segundo\ periodo\ en\ adelante} = Costo\ del\ consumo_{antiguos\ equipos}$$

El costo de operación es \$134,646.44 pesos como resultado del costo de facturación de energía eléctrica que representarían los equipos nuevos LED ya instalados, el costo de la

inversión es \$73,800.00 pesos, que es, la inversión total multiplicada por la tasa de interés del 12%; por lo tanto como resultado del flujo tenemos una utilidad neta para el primer periodo de \$639,970.35pesos; por ejemplo:

$$\text{Flujo de efectivo} = \text{Ingresos} - \text{costos de operación} - \text{costos de inversión}$$

$$\text{Flujo de efectivo del primer periodo} = \$848,416.79 - \$134,646.44 - \$73,800.00 = \$639,970.35$$

De esta manera se obtuvieron los flujos de efectivo a lo largo del tiempo de vida del proyecto (Tabla 5.10).

Tabla 5. 10. Flujo de Efectivo por el cambio de lámparas en IEPSA.

Concepto \ Año	0	1	2	3	7	8
Inversión	\$615,000.00					
Depreciación	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Ingresos	0	\$848,416.79	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49
Costos operación	0	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44
Costos de inversión	\$73,800.00	\$73,800.00	\$73,800.00	\$73,800.00	\$0.00	\$0.00
Utilidad bruta	0	\$713,770.35	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05
Utilidad neta	0	\$639,970.35	\$35,100.05	\$35,100.05	\$108,900.05	\$108,900.05
Flujo	-\$688,800.00	\$639,970.35	\$35,100.05	\$35,100.05	\$108,900.05	\$108,900.05

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA. (Ver detalle en Anexo 1, Tabla 3)

10.-Presentar índices de evaluación

Una vez generados los flujos de efectivo se llevó a cabo el cálculo de los índices de valuación; donde, se obtuvieron: un VPN positivo, una TIR del 22 %, por encima de la tasa impuesta (12%), una tasa de retorno inmediata elevada (92%) y un periodo de recuperación de 3 años, si se toma en cuenta los tiempos de vida de ambos equipos, el costo de recambio que generan los antiguos equipos es alto, esto se ve claramente en el costo de ciclo de vida de ambos equipos; por ello se puede decir que la inversión es viable y optima(Tabla 5.11).

Tabla 5. 11. Índices de valuación del proyecto.

Valor Presente Neto (VPN)	\$168,083
Tasa Interna de Retorno (TIR)	22%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	92%
Periodo simple de recuperación (PSR)	3
Periodo de recuperación descontado (PRD)	3
Costo de ciclo de vida equipo anterior (CCV1)	\$4,512,475.93
Costo de ciclo de vida equipo nuevo (CCV2)	\$1,877,654.79
Costo de ciclo de vida anualizado (CCVA1)	\$4,029,854.90
Costo de ciclo de vida anualizado (CCVA2)	\$1,518,709.41

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

7.- Identificar las posibles soluciones a implementar para cada una de las cargas instaladas en la empresa

5.2 Maquinaria.

8.- Analizar la situación actual de la empresa para cada una de las cargas instaladas.

Situación Actual.

IEPSA hoy en día cuenta con una carga conectada por concepto de maquinaria de 1,111.36 [KW] lo que representa alrededor del 90% de la carga total. Esta maquinaria opera durante aproximadamente 256 días al año, esto descontando fines de semana, días de asueto y vacaciones; con un horario de 24 horas dividido en tres turnos, el número de trabajadores que laboran en IEPSA en el área de producción es de 212 (Tabla 5.12.).

Tabla 5. 12. Horarios y número de empleados en IEPSA, en 2011.

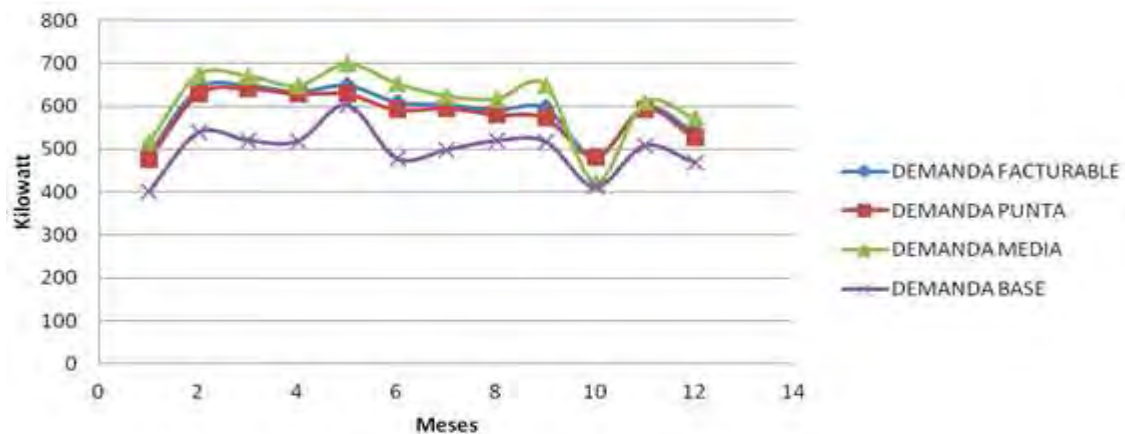
Área	Turno	Horario laboral		Horario de comedor		# Trabajadores
Producción	1	07:00	15:00	12:00	12:30	84
	2	15:00	22:30	19:00	19:30	72
	3	22:30	05:30	02:00	02:30	56

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

8.1.-Analizar carga instalada.

Al estudiar el consumo, la producción y la manera de laborar del personal, se encontró un problema en la demanda de energía en el horario punta, esto se ve reflejado en la demanda facturable de los recibos eléctricos de IEPSA durante el año 2012, en donde se observa claramente que la demanda facturable y la demanda punta toman casi los mismos valores durante todo el periodo. (Figura 23)

Figura 22. Demanda de energía en IEPSA 2012.



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

El objetivo, es tratar de reducir la demanda de energía en el horario punta; con lo que se reduciría la demanda facturable; la cual, tiene un gran impacto en el costo de facturación; hay que tomar en cuenta que las acciones que se implementen no deben afectar la producción.

8.2.-Análisis de la propuesta a implementar

Propuesta de Mejora.

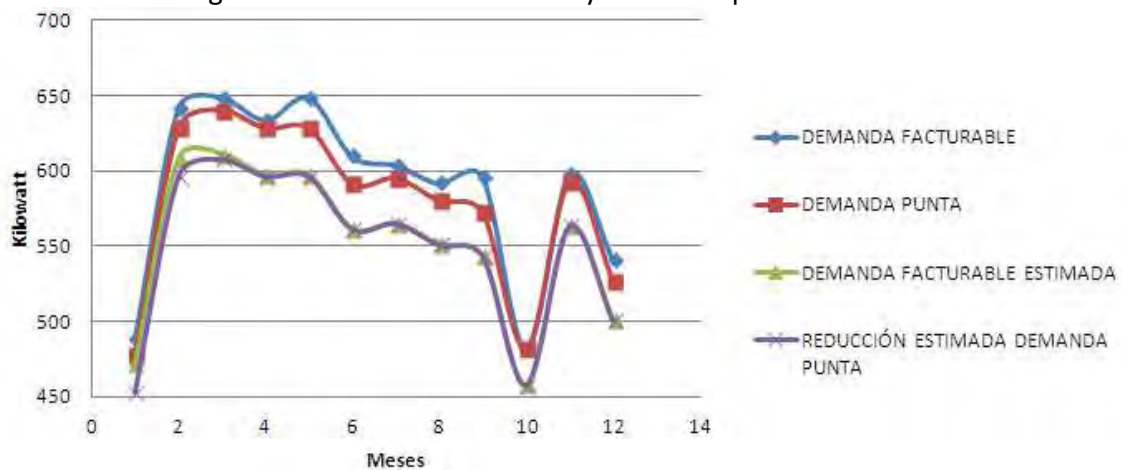
La idea principal es implementar un control de demanda manual, esto para no generar ningún tipo de inversión adicional, como sería el caso de implementar un sistema de control automático; para poder realizar la demanda de manera manual, se proponen dos opciones:

Opción uno.- Recorrer el segundo turno laboral una hora, es decir que en vez de iniciar a las 15:00 horas y terminar a las 22:30 horas, este inicie a las 14:00 horas y termine a las 21:30, con esta modificación y aprovechando las “costumbres laborales”⁶⁷ la probabilidad

⁶⁷ Se entiende por “costumbres laborales” lo planteado en la problemática en el apartado 4.3 de este trabajo.

de reducir 60 minutos el consumo de energía en periodo de punta en verano y 90 minutos en invierno es muy alta. Además de esto, si consideramos una reducción en la demanda energética en punta, estimada al menos en un 5%, la demanda facturable tendría un reducción anual promedio del 6%. (Figura 24)

Figura 23. Demanda facturable y demanda punta estimada.



Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Opción dos.- Tener un mejor control de la producción, en este caso, como se comentó con anterioridad, dadas las “costumbres laborales”⁶⁶ la mayor producción se lleva a cabo durante las últimas horas de cada turno, al supervisar que la producción se distribuya durante todo el turno, se evita que durante el periodo de punta se eleve la capacidad de producción de la maquinaria, que por “costumbre” se lleva a cabo para cumplir con los índices de producción solicitados. Para poder realizar esta tarea sin afectar la producción es posible distribuir la capacidad de producción promedio, que es del 50% en periodo punta en verano y 31% en invierno; esta distribución se tendría que hacer en las cinco horas del mismo turno laboral o en las 6.5 horas del tercer turno, que corresponde al periodo tarifario de base y es donde la energía es más barata.

9.1.- Contabilizar las cargas, el tiempo de operación y el consumo de energía de cada una de ellas.

Evaluación de propuesta.

Opción uno.- Recorrer el segundo turno laboral una hora.

Al recorrer una hora el turno laboral y tomando como base, los porcentajes de eficiencia de producción de la maquinaria, (Tabla 4.7 y Tabla 4.8) fue posible determinar la potencia de operación en punta durante los dos periodos tarifarios (Verano e Invierno); se obtuvo

que con una eficiencia de producción del 50% para verano y 31% para invierno, la potencia de operación es de 555.68 [KW] y de 333.41 [KW] respectivamente; con esta potencia y un tiempo de desconexión de una hora y 1.5 horas diarias para cada periodo, la reducción del consumo mensual sería de 11,113.60 [KWh] y 10,002.24 [KWh]; además, se estima que en ambos periodos se reduzca la demanda facturable en 30 [KW] en un año. (Tabla 5.13).

Tabla 5. 13. Estimado de reducción en consumo de energía eléctrica para verano e invierno.

Carga KW	Potencia de operación KW	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)		
		Tiempo de desconexión en periodo punta (horas)	Reducción en consumo KWh/mes	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	555.68	1.00	11,113.60	30.00
Carga KW	Potencia de operación KW	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (Invierno)		
		Tiempo de desconexión en periodo punta (horas)	Reducción en consumo KWh	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	333.41	1.50	10,002.24	30.00

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPISA.

9.2.-Obtener el costo del consumo de energía para cada periodo tarifario

Con esta reducción en el consumo y en la demanda de energía, la reducción en la facturación que se podría obtener es de \$137,839.10 pesos en verano y \$124,055.19 pesos en invierno que daría como resultado \$261,894.28 pesos anuales, esto por la reducción del consumo y de \$5,356.50 pesos por la demanda. (Tabla 5.14).

Tabla 5. 14. Potenciales de ahorro en la facturación eléctrica.

Concepto	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (Invierno)
Facturación mensual por reducción en consumo	\$137,839.10	\$124,055.19
Facturación anual por reducción en consumo	\$261,894.28	
Facturación anual por reducción en demanda	\$5,356.50	

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPISA.

9.4.-Obtener los costos de adquisición de cada sistema.

Para poder implementar esta acción dadas las condiciones actuales de la empresa se tendría que hacer una inversión de \$60,000.00 pesos, para la modificación del sistema “checador” de los empleados, no existiría ningún otro tipo de gasto y el ahorro en la facturación sería neto (Tabla 5.15), a partir de este ahorro se determinaron los flujos de efectivo, obteniendo los índices de valuación correspondientes a la Tabla 5.16 en donde se puede observar la rentabilidad de la implementación al tener ahorros en la facturación de \$ 260,050.78 pesos anuales.

Tabla 5. 15. Flujos de efectivo de cuando se recorrer una hora el horario laboral.

Concepto \ Periodo	0	1	2	4	5
Inversión	\$60,000.00				
Depreciación	0	0	0	0	0
Ingresos	\$0.00	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78
Costos operación	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Costos de inversión	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00
Utilidad	-\$60,000.00	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78
Flujo	-\$67,200.00	\$260,050.78	\$260,050.78	\$260,050.78	\$260,050.78

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA. (Ver detalle en Anexo 2, Tabla 3)

10.-Presentar índices de evaluación.

Tabla 5. 16. Índices de valuación cuando se recorrer una hora el horario laboral.

Valor Presente Neto (VPN)	\$870,225
Tasa Interna de Retorno (TIR)	387%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	421%
Periodo simple de recuperación (PSR)	1
Periodo de recuperación descontado (PRD)	1

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

9.1.- Contabilizar las cargas, el tiempo de operación y el consumo de energía de cada una de ellas.

Opción dos.- Tener un mejor control de la producción.

Para este caso, se plantea mover la producción de un periodo tarifario a otro, es decir, reducir lo más posible la carga de operación en el horario punta e introducirla en base en donde el costo de la energía es menor; en la actualidad se estimo que las horas de operación en horario punta para verano son de 1.5 horas y para invierno 3.5 horas (Tabla

5.17); para poder reducir lo más posible las horas de operación sin afectar la producción, es necesario homologar la plantilla laboral de producción en los diferentes horarios, ya que, en la actualidad el primer turno trabaja con 84 empleados, el segundo con 72 y el tercero con 56 (Tabla 5.18), para modificar el número de trabajadores, fue necesario conocer la nómina que se paga en cada turno laboral, porque de acuerdo a la ley federal del trabajo, el número de horas laborables en el turno nocturno no debe exceder las siete horas (Artículo 61), por tal motivo se encontró que la nómina del tercer turno es mayor, con un menor número de trabajadores, debido a que siempre se paga una hora extra y el horario laboral se extiende de 22:30 horas a las 6:30 horas, este dato es importante, porque el hecho de movilizar a los trabajadores representa un mayor gasto, que se debe considerar (Tabla 5.19)

9.2.-Obtener el costo del consumo de energía para cada periodo tarifario

Tabla 5. 17. Estimados de potenciales de consumo de la demanda de energía en periodo de punta en IEPSA 2011.

Carga KW	Potencia de operación KW	Del primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)		
		Tiempo de operación en periodo punta (horas)	Consumo KWh/mes	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	555.68	1.50	16,670.40	30.00

Carga KW	Potencia de operación KW	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (Invierno)		
		Tiempo de operación en periodo punta (horas)	Consumo KWh	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	333.41	3.50	23,338.56	30.00

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 5. 18. Horarios, número de trabajadores y costo de nómina en IEPSA 2011.

Situación Actual					
Área	Turno	Horario		# Trabajadores	Sueldos
Producción	1	07:00	15:00	84	\$462,000
	2	15:00	22:30	72	\$396,000
	3	22:30	05:30	56	\$330,400

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 5. 19. Modificación de trabajadores y nómina para el control de la demanda en IEPSA 2011.

Cambio de turnos y movilidad de trabajadores					
Área	Turno	Horario		# Trabajadores	Sueldos
Producción	1	07:00	15:00	70	\$385,000
	2	15:00	22:30	72	\$396,000
	3	22:30	06:30	70	\$413,000

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Con esta movilización de personal se prevé que durante el horario punta no se trabaje 1.5 horas en verano y dos horas en invierno, con esta reducción se espera que el consumo de energía en punta baje a 16,670.40 [KWh] al mes, durante el verano y 13,336.32 [KWh] mensuales durante el invierno; además de reducir la demanda facturable en 30 KW anuales; esto manteniendo la eficiencia de producción de la maquinaria (Tabla 5.20)

Tabla 5. 20. Estimados de potenciales de disminución de la demanda de energía con un control de demanda en IEPSA 2011.

Carga KW	Potencia de operación KW	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)		
		Tiempo de desconexión en período punta (horas)	Consumo KWh/mes	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	555.68	1.50	16,670.40	30.00

Carga KW	Potencia de operación KW	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (Invierno)		
		Tiempo de desconexión en período punta (horas)	Consumo KWh	Estimado de reducción en demanda facturable KW
Maquinaria de producción	333.41	2.00	13,336.32	30.00

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Una vez previstas estas consideraciones, los potenciales de ahorro en la facturación podrían ser de \$103,955.18 pesos en verano y de \$83,164.14 pesos en invierno, esto como resultado de reducir los consumos de la Tabla 5.12 y agregarlos en el horario tarifario base; lo que origina una reducción anual de \$187,119.32. pesos (Tabla 5.21). La reducción se aprecia atractiva, sin embargo, como se mencionó con anterioridad, es importante la consideración del costo que generaría dicha acción.

9.4.-Obtener los costos de adquisición de cada sistema.

Ahora, el costo que se ha estimado de mover 14 trabajadores del primer turno es de \$ 67,200.00 pesos, más \$ 60,000 pesos por la modificación del sistema “checador”, da como resultado un costo de inversión de \$127,200.00 pesos, al calcular el flujo de efectivo que se crea por la implementación de una medida como ésta, origina una utilidad de \$ 119,919.32 pesos como se muestra en la (Tabla 5.22); hay que hacer notar que la utilidad y los costos de operación se mantienen constantes para fines didácticos, sin embargo; hay que tomar en cuenta que los ingresos aumentarían de acuerdo al crecimiento de los costos de la energía eléctrica y los costos de operación que para este caso son los sueldos; también aumentarían de acuerdo al crecimiento anual del salario mínimo.

Tabla 5. 21. Reducción en la facturación con control de la demanda.

Concepto	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (invierno)
Reducción de Facturación mensual por cambio de producción	\$103,955.18	\$83,164.14
Reducción de Facturación anual por cambio de producción	\$187,119.32	
Facturación anual por reducción en demanda	\$5,356.50	

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 5. 22. Flujos de efectivo del control de la demanda.

Concepto \ Periodo	0	1	2	4	5
Inversión	\$127,200.00				
Depreciación	0	0	0	0	0
Ingresos	\$0.00	\$187,119.32	\$187,119.32	\$187,119.32	\$187,119.32
Costos operación	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00
Costos de inversión	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Utilidad	-\$194,400.00	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32
Flujo	-\$194,400.00	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA. (Ver detalle en Anexo 2, Tabla 4)

10.-Presentar índices de evaluación

Con los flujos de efectivo obtenidos, se realizó el cálculo de los índices de evaluación, con resultados bastante buenos, en donde se encontró un periodo de recuperación de la inversión de tres años, un VPN positivo y una tasa interna de retorno muy por encima de la impuesta, con lo que concluimos que el proyecto es viable (Tabla 5.23).

Tabla 5. 23. Índices de valuación del control de la demanda.

Valor Presente Neto (VPN)	\$237,882
Tasa Interna de Retorno (TIR)	55%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	94%
Periodo de recuperación descontado (PRD)	3
Periodo simple de recuperación (PSR)	2

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Capítulo 6. Valuación de la Empresa.

En éste capítulo se presenta una alternativa para evaluar la empresa, antes y después de la implementación de un proyecto energético, esto, con la finalidad de sustentar o no, la inversión y la implementación de los mismos. La intención es evaluar a la empresa y proyecto por medio de opciones reales, a través de la opción de aplazar la inversión, se evaluará el proyecto de implementar la nueva tecnología LED, ya que al tratarse de una tecnología nueva, esta tiende a reducir su precio con el paso del tiempo; de acuerdo a datos del mercado se espera que la tecnología LED reduzca su costo un 50 por ciento entre 2013 y 2015⁶⁸, además de la reducción en el costo de las lámparas tipo LED no hay que olvidar que los últimos cuatro años la tasa de crecimiento en el costo de la energía eléctrica ha aumentado en promedio en 4.%⁶⁹, estos factores son de suma importancia para la aplicación del proyecto, ya que al evaluarlo mediante el tipo de opción antes mencionado, es posible determinar en qué momento la inversión es más factible; la flexibilidad que ofrece esta metodología para implementar, aplazar o abandonar dicha inversión; ayuda a la empresa a tomar una mejor decisión; esta metodología empleada se basa en lo expresado en el Capítulo 2, apartado 2.3., de éste documento.

6.1 Valuación de la empresa antes de la implementación del proyecto.

IEPSA en la actualidad se encuentra bajo un régimen de empresa para estatal, y durante el 2012, contó con ingresos de \$7'809,930 pesos (Tabla 6.1), un activo de \$839,770 (Tabla 6.2) y una deuda de \$ 537,137⁷⁰ pesos.

⁶⁸ Prevén aumento en valor del mercado de focos LED. Redacción eje central. México 2012. (Disponible para consultar en: <http://www.ejecentral.com.mx/preven-aumento-en-valor-del-mercado-de-focos-led/>)

⁶⁹ Dato obtenido a partir de los datos publicados en CFE. (Disponible para consultar en: http://app.cfe.gob.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/Tarifas/tarifas_negocio.asp?Tarifa=HM).

⁷⁰ Fuente: Datos reportados por la empresa en 2012

Tabla 6. 1. Ingresos de IEPSA en los últimos cinco años.

Año	Ingreso Neto
2009	\$4'624,256.00
2010	\$6'037,281.00
2011	\$8'625,900.00
2012	\$7'809,930.00

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 6. 2. Activo de IEPSA en el año 2012.

Activo circulante	\$593,281
Propiedades, instalaciones y equipo bruto	\$140,452
Revaluación de propiedades	\$106,037
Propiedades, instalaciones y equipo neto	\$246,489
Total	\$839,770

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

A partir de estos datos y con los siguientes argumentos se calculó el valor de la empresa para 2012:

s = Valor del activo subyacente, el valor actual de este activo se obtiene del valor de los ingresos, más el total del activo, menos la deuda de 2012; para ésta empresa “ s ” sería para 2012 de; \$ 8'321,697 pesos.

σ^2 = Varianza en el valor del activo, que se determina a partir de la volatilidad de los flujos, que en este caso se tomó como los ingresos en los años anteriores y dio como resultado una varianza del 20 por ciento.

t = Fecha de expiración de la opción: el periodo en el cual la opción es viable en esta ocasión es de un año.

Con los valores anteriores se calcula el coeficiente del valor del activo subyacente (u).

u = Coeficiente o factor de ascenso del valor del activo subyacente, que en éste estudio se calcula de la siguiente manera.

$$u = e^{\sigma^2 \sqrt{\delta t}} \quad u = e^{.20\sqrt{1}} = 1.221402758$$

Por lo tanto el valor de la empresa para el año 2012 es de \$8'321,697 pesos que multiplicado por el coeficiente 1.221402758, da como resultado \$10'164,144 pesos.

6.2 Valuación de la empresa después de la implementación de proyecto.

Una vez que se conoce el valor de la empresa; se evaluará después de la implementación del proyecto, y se determinará si el valor aumenta o disminuye al implementarlo ahora o cuando disminuya el costo de adquisición de la nueva tecnología; esto mediante la metodología de la opción de aplazar la inversión para contemplar los diferentes y posibles escenarios que pudiesen afectar a nuestro proyecto; como se dijo con anterioridad, los factores que afectan la implementación, son la reducción de los costos de la tecnología en un 50 por ciento y el aumento en el costo de la energía en 4 por ciento anual; por tal motivo, se analizan los dos escenarios: el de la disminución en el costo de la tecnología LED y el del aumento en el costo de energía eléctrica.

Escenario 1. Disminución en el costo de la tecnología LED.

Además de los parámetros anteriores s , σ^2 , u y t será necesario calcular los siguientes argumentos:

r = Tasa libre de riesgo, es la tasa de interés real anual libre de riesgo y se calcula de la siguiente manera:

$$1 - r = \frac{1 + CETES}{1 + \Pi^e}$$

Dónde:

CETES: es la tasa de interés que pagan los bonos de la tesorería.

r : es la tasa de interés real.

Π^e = es la Inflación esperada.

d = Coeficiente o factor de descenso y se obtiene:

$$d = e^{-\sigma^2 \sqrt{\delta t}}$$

p = La probabilidad de riesgo neutral es:

$$p = \frac{e^{r(\delta t)} - d}{u - d}$$

q = La probabilidad complemento del riesgo neutral es:

$$q = 1 - p$$

Una vez realizado el análisis del proyecto por medio del VPN (Capítulo 5 apartado 5.1) se tienen flujos netos de caja, ajustados a una tasa del 12%, de, \$639,970.35 y una inversión de \$615,000.00 pesos, donde, el VPN para dicha inversión es de \$168,083 pesos. La volatilidad de la inversión se tomará con base al descenso del costo de la tecnología LED, que para este caso será del 50%, con un tiempo igual a uno que es el tiempo de aplazar la inversión y r cuyo valor se determina:

$$1 - r = \frac{1 + .0391}{1 + .0357}$$

$$r = .00328$$

Entonces; $s = \$639,970.35$, $\sigma^2 = 50\%$, $t = 1$, por lo tanto los valores de u y d son:

$$u = e^{\sigma^2 \sqrt{\delta t}} \quad u = e^{.50\sqrt{1}} = 1.64872127$$

$$d = e^{-\sigma^2 \sqrt{\delta t}} \quad d = e^{-.50\sqrt{1}} = 0.60653066$$

Y las probabilidades asociadas son:

$$p = \frac{e^{.00328(1)} - .606530}{1.648721 - .606530} = 0.38069305$$

$$q = 0.61930695$$

Ahora, el valor actual de la inversión puede ascender en un año hasta tomar el valor de \$1'55,133 pesos (" s " x " u " = \$639,970.35 x 1.64872127) o, por el contrario descender hasta \$243,632.26 pesos (" s " x " p " = \$639,970.35 x 0.38069305).

Por lo tanto y de lo anterior, la decisión de realizar o no el proyecto al finalizar el primer año puede tomar dos valores posibles:

$$C_u = \text{MAX}[(\$1'55,133 - \$639,970.35), 0]$$

$$C_d = \text{MAX}[(\$243,632.26 - \$639,970.35), 0]$$

En el primer caso suponemos que la tecnología aumenta su costo por lo tanto a la empresa no le conviene realizar el proyecto, mientras que en el segundo caso lo más conveniente es invertir.

De este modo el valor del VPN al término del año 1 es:

$$\text{VPN}_1 \text{ total} = (\$1'55,133 \times 0.38069305) + (0 \times 0.61930695) = \$401,681.70 \text{ pesos.}$$

El valor del VPN en el momento cero es:

$$\text{VPN}_0 \text{ total} = \$401,681.70 \times (1.00328)^{-1} = \$400,368.49 \text{ pesos}$$

El valor de diferir un año es:

$$\$400,368.49 - (\$168,083) = \$232,285.89 \text{ pesos}$$

O dicho de otra manera, el VPN total es igual al VPN normal más el valor de la opción

$$\$400,368.49 = -\$168,083 + \$232,285.89$$

Con lo que es claro que a la empresa le conviene esperar a invertir, porque aun cuando las condiciones del mercado no mejoren la probabilidad de ahorrar en los costos de adquisición es grande.

Ahora planteando el otro escenario, en donde el costo de energía eléctrica aumenta.

Escenario. 2 Aumento del costo de la energía eléctrica.

Realizando el mismo análisis tenemos:

Entonces; $s = \$639,970.35$, $\sigma^2 = 4\%$, $t = 1$, por lo tanto los valores de u y d son:

$$u = e^{\sigma^2 \sqrt{\delta t}} \quad u = e^{.04\sqrt{1}} = 1.040810774$$

$$d = e^{-\sigma^2 \sqrt{\delta t}} \quad d = e^{-.04\sqrt{1}} = 0.960789439$$

Y las probabilidades asociadas son:

$$p = \frac{e^{-.00328(1)} - 0.960789439}{1.040810774 - 0.960789439} = 0.960789439$$

$$q = 0.09331167$$

En este escenario el valor actual de la inversión puede ascender en un año hasta tomar el valor de \$666,088.03, pesos o, por el contrario descender hasta \$580,253.65 pesos.

La decisión de realizar o no el proyecto al finalizar el primer año, puede tomar dos valores posibles:

$$C_u = \text{MAX}[(\$666,088.03 - \$639,970.35), 0]$$

$$C_d = \text{MAX}[(\$580,253.65 - \$639,970.35), 0]$$

En el primer caso a la empresa le conviene realizar el proyecto, mientras que en el segundo caso lo más conveniente es no invertir. Porque la ganancia es menor.

De este modo el valor del VPN al término del año 1 es:

$$\text{VPN}_1 \text{ total} = (\$639,970.35 \times 0.960789439) + (0 \times 0.09331167) = \$580,253.65 \text{ pesos.}$$

El valor del VPN en el momento cero es:

$$\text{VPN}_0 \text{ total} = \$580,253.65 \times (1.00328)^{-1} = \$578,356.64 \text{ pesos}$$

El valor de diferir un año es:

$$\$578,356.64 - (\$168,083) = \$410,274.04 \text{ pesos}$$

O dicho de otra manera, el VPN total es igual al VPN normal más el valor de la opción

$$\$578,356.64 = -\$168,083 + \$410,274.04$$

Al comparar los dos casos para diferir la inversión tenemos que si esperamos a que la tecnología descienda su valor tendríamos un VPN de \$401,681.70 pesos por otro lado si esperamos un año la energía aumentara su costo y tendríamos un VPN de \$410,274.04 pesos podemos concluir que el esperar un año a que disminuya el costo de la tecnología origina un VPN positivo sin embargo este es menor respecto al VPN del aumento del costo de la energía con lo que se aprecia que a la empresa le conviene invertir en este momento, porque el costo energético será más alto en el siguiente año y las posibles ganancias se verían reducidas, a pesar de que el costo de la tecnología disminuya.

Conclusiones.

En la actualidad, para poder llevar a cabo cualquier actividad productiva la energía juega un papel crucial para el éxito o el fracaso de la misma, dentro de esta designación de energía, se encuentra la electricidad, la cual es necesaria e indispensable en cualquier industria, en México y en el mundo, debido a ello el “buen uso” de la misma representa una gran oportunidad para la innovación de tecnologías, sistemas y metodologías para su mejor aprovechamiento; bajo este contexto la importancia del desarrollo de estas áreas es primordial para cualquier nación, por este motivo el análisis financiero en la implementación de estas estrategias es muy importante, esto para lograr que el empresario invierta y adopte una cultura “de mejor aprovechamiento de electricidad”, además de que beneficia el desarrollo del país, ya que se puede obtener ahorros monetarios.

Identificar las oportunidades de ahorro dentro del sector industrial, que para el caso de estudio fue el sector de artes gráficas, es de suma importancia, ya que el 90% del sector opera bajo las mismas condiciones, en cuanto a horarios laborales (24 horas) y condiciones tarifarias (Tarifa HM)⁷¹, esto da la posibilidad de analizar e implementar algunas de las medidas antes mencionadas en el documento; como se mostró, invertir en la implementación de nuevas tecnologías para el ahorro y uso eficiente de la energía, que para este estudio fue iluminación tipo LED, tiene grandes ventajas pues el ahorro; si comparamos los consumos de los equipos antiguos y equipos nuevos podemos tener un ahorro de energía eléctrica de casi el 50%, al disminuir la carga instalada, el ahorro monetario que se obtendría sería de \$108,900.05 pesos cada año después del cambio total de lámparas (Tabla 7.1), el ahorro parece no ser atractivo con respecto al costo de la inversión de \$615,000 pesos, sin embargo los tiempos de vida de los antiguos equipos y el tiempo de vida de los equipos nuevos, representa un mayor número de recambios durante el tiempo de vida de los equipos nuevos (Tabla 7.2); debido a esto podemos tener un periodo de recuperación de la inversión de tres años, teniendo ahorros de hasta de \$435,600.19 pesos durante los cinco años de vida restantes de los nuevos equipos

⁷¹México. Cámara Nacional de la Industria de Artes Gráficas. (Disponible para consultar en: http://www.canagrafgrafico.com/img/estudios/III-Estudio_de_Comercio_Internacional.pdf)

Tabla 7. 1. Comparativo de consumos de equipos antiguos y equipos nuevos.

Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.		Consumo diario de energía en [kWh] del primer domingo de abril al último domingo de octubre.	
Total [kW] instalados anterior	41.8671	Total [kW] instalados pronosticado	21.6522
[kWh] de uso en base	20,328.9627	[kWh] de uso en base	10,633.5769
[kWh] de uso en media	59,944.7220	[kWh] de uso en media	29,966.8802
[kWh] de uso en punta	13,583.4988	[kWh] de uso en punta	7,101.7863
Costo por [KWh] en base	\$0.9867	Costo por [KWh] en base	\$1.0689
Costo por [KWh] en media	\$1.1804	Costo por [KWh] en media	\$1.2788
Costo por [KWh] en punta	\$1.9844	Costo por [KWh] en punta	\$2.1498
Costo Estimado semestral	\$117,773.61	Costo Estimado semestral	\$64,954.97
Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.		Consumo diario de energía en [kWh] del último domingo de octubre al primer domingo abril.	
Total [kW] instalados anterior	41.8671	Total [kW] instalados pronosticado	21.6522
[kWh] de uso en base	20,328.9627	[kWh] de uso en base	10,633.5769
[kWh] de uso en media	54,672.2306	[kWh] de uso en media	27,385.3876
[kWh] de uso en punta	20,750.7623	[kWh] de uso en punta	10,840.5664
Costo por [KWh] en base	\$0.9867	Costo por [KWh] en base	\$1.0689
Costo por [KWh] en media	\$1.1804	Costo por [KWh] en media	\$1.2788
Costo por [KWh] en punta	\$1.9844	Costo por [KWh] en punta	\$2.1498
Costo Estimado semestral	\$125,772.88	Costo Estimado semestral	\$69,691.47

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Tabla 7. 2. Comparativo de horas de vida de los equipos.

Equipo	Horas de vida	Años
Lámpara de Aditivos metálicos 400 W	50,000	8.14
Balastro Aditivos metálicos 400 W	60,000	9.77
Balastro Electrónico fluorescentes	18,000	2.93
Tubo fluorescente	15,000	2.44
LED	50,000	8.14

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA.

Además de las técnicas para el ahorro de energía, también se pueden implementar acciones para aprovechar la energía de manera eficiente y obtener un beneficio económico, sin que esto involucre una disminución en el consumo de energía, tal es el caso del control de la demanda eléctrica, en donde al llevarla a cabo de manera manual y constante, existe la posibilidad de ahorrar de \$187,000 a \$ 261,000 pesos anuales de acuerdo a las soluciones propuestas en particular para la empresa. (Tabla 7.3)

Tabla 7. 3. Comparación de ahorros para escenarios de control de la demanda.

Opción uno: Recorrer el segundo turno laboral una hora.

Concepto	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (Invierno)
Facturación mensual por reducción en consumo	\$137,839.10	\$124,055.19
Facturación anual por reducción en consumo	\$261,894.28	
Facturación anual por reducción en demanda	\$5,356.50	

Opción dos: Tener un mejor control de la producción

Concepto	Del Primer domingo de abril al último domingo de octubre (Verano)	Del último domingo de octubre al primer domingo de abril (invierno)
Reducción de Facturación mensual por cambio de producción	\$103,955.18	\$83,164.14
Reducción de Facturación anual por cambio de producción	\$187,119.32	
Facturación anual por reducción en demanda	\$5,356.50	

Fuente: Elaboración propia con datos de IEPSA

Por otra parte hoy en día, no solo es importante la evaluación de los proyectos que lleva a cabo una empresa, sino también estudiar el impacto que tienen sobre ella, es decir, si estos proyectos aumentan o disminuyen su valor, por esta cuestión la evaluación de la empresa antes y después de la implementación de estos proyectos es importante, en este trabajo se estudió el impacto al implementar nuevas tecnologías en iluminación LED, ya que esta inversión es irreversible, esto es, una vez que se adquieren los equipos no se puede abandonar la inversión; además de que es la única que representa un ahorro de energía; entonces, para el caso de la inversión en iluminación y con base a la hipótesis propuesta se obtuvieron datos interesantes:

El invertir en lámparas tipo LED durante el año 2012 le convenía a la empresa, ya que esta aumentaba su valor de \$10'164,144 a \$10'574,418 pesos; sin embargo en esta inversión existen ciertos parámetros de incertidumbre; uno es, que la tecnología disminuya su precio 50% en el año siguiente y dos, que el costo de la energía eléctrica aumente en promedio en un 4% en el siguiente año; después de analizar los casos se encontró que esperar un año para realizar la inversión representaría una disminución en el valor de la empresa, obteniendo un VPN de \$ 401,681.70 pesos contra un VPN de \$ 410,274.04 pesos que resultaría de la implementación en ese momento; hay que resaltar que también le es conveniente a la empresa invertir ahora, ya que dadas las condiciones energéticas en la actualidad la posibilidad de obtener beneficios a partir de intangibles⁷², los cuales no se contabilizan en esta tesis, es alta y esperar un año, reduciría las oportunidades de recibir esos beneficios económicos; con esto la hipótesis se cumple y la empresa, aumenta su valor al implementar proyectos para el ahorro y uso eficiente de la energía e implementarlos cuando se trata de tecnologías nuevas es mejor realizarlos de manera inmediata que esperar a que los costos del mercado disminuyan.

⁷² En el lenguaje contable el término intangible se emplea con un sentido restringido para aquellos activos que producen beneficios parecidos a los que producen los bienes de uso o de renta y que no pueden materializarse físicamente. Se emplean en las actividades principales de la entidad (en la producción, en la gestión comercial o bien en la administrativa). Asimismo, su capacidad de servicio no se agota ni se consume en el corto plazo y mientras se usan no se transforman en otros bienes ni están destinados directamente a su venta.

Los activos intangibles pueden ser: las marcas, la identidad corporativa, la comunicación institucional, la imagen,

Bibliografía.

Agencia Internacional de Energía. World energy Outlook.Estados. Unidos de América. 2010 [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2010_es_spanish.pdf].

Consejo Nacional del Petróleo. Hard Truths Enfrentando el grave problema energético. Estados Unidos de América (2007). [http://www.npc.org/Hard_Truths-Translations/HARDTRUTHS_Spanish.pdf].

Administración de información de Energía (2011). INTERNATIONAL ENERGY OUTLOOK (IEO). Estados Unidos de América. 2011. [[http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484\(2011\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf)].

Secretaria de Energía, SENER. Prospectiva de Petrolíferos 2012-2026. México. 2012. [http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/2012/PP_2012_2026.pdf].

Secretaria de Energía, SENER. Prospectiva de Gas natural 2010-2025. México. 2012. [http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pub/perspectiva_gas_natural_2010_2025.pdf].

Ing. Odón de Buen. La Experiencia de México en Ahorro de Energía. Santiago de Chile 2005. [<http://www.cepal.org/drni/noticias/noticias/2/22062/Odon.pdf>].

Comisión Pública de Energía de California. Eficiencia del motor eléctrico bajo cargas y frecuencias variables. EUA California. Octubre 2006 [<http://www.itrc.org/reports/vfd/r06004.pdf>].

Roelof Timmer, Mikko Helinko, Ritva Eskola. Eficiencia de motores, Optimización del rendimiento durante la vida útil de los motores. EUA. New York (1968). [[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/\\$File/81-84%20M746_SPA72dpi.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/scot271.nsf/VerityDisplay/A55F18D60E20347BC125730200355903/$File/81-84%20M746_SPA72dpi.pdf)].

S.F. Baldwin, «Energy-Efficient Electric Motor Drive Systems». B.Johansson, B.Bodlund and R.H. Williams (eds.), «Electricity. Efficient End-Use and New Generation Technologies, and their Planning.

Implications»; Lund University Press, 1989.Allen-Bradley co.,»Drives and Motion Controllers Catalog», Publication D104 April 1991.

Secretaría de Energía. Norma Oficial Mexicana NOM-017-ENER-2012, Eficiencia energética de lámparas fluorescentes compactas. Límites y métodos de prueba. México 2012 [http://www.sener.gob.mx/res/Acerca_de/NOM-017-ENER-SCFI-2012.pdf].

Secretaria de Energía, Comisión nacional para el uso eficiente de la energía, Guía iluminación eficiente en la industria. México. 2012 [<http://www.conuee.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/7369/8/industria.pdf>].

Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica FIDE. Financia tus LEDs... Para Ahorrar Energía. México 2000. [<http://www.fide.org.mx:2000/leds/index.html>].

Lumínika S.A. de C.V. Comparativo entre lámparas fluorescentes y led. México 2012. [<http://www.lumika.com.mx/files/Comparativo%20entre%20lamparas.pdf>].

Secretaria de Hacienda y Crédito Público. México 2012 [http://www.shcp.gob.mx/LASHCP/MarcoJuridico/ProgramasYProyectosDeInversion/Lineamientos/costo_beneficio.pdf].

Kenji Takahashi y David Nichols. La sustentabilidad y el aumento de los costos y el impacto en la eficiencia:

La evidencia de la experiencia hasta la fecha.

[http://www.aceee.org/files/proceedings/2008/data/papers/8_434.pdf].

Pablo Fernández. Valoración de opciones reales: Dificultades, Problemas y errores. España 2009. [<http://www.iese.edu/research/pdfs/DI-0760.pdf>].

Sheridan Titman, John D. Martin. Valoración, el arte y la ciencia de las decisiones de inversión corporativa. España 2009

Guthrie, Graeme A. (Graeme Alexander). Financial Management Association survey and synthesis series. Oxford : Oxford University Press, 2009.

Salvador Rayo Cantón, Antonio M. Cortés Romero (eds.). Valoración de proyectos de inversión con opciones reales: fundamentos matemáticos, financieros y evidencia empírica. Granada, Universidad de Granada, 2007.

Jairo Darío Murcia M. ; Flor Nancy Díaz P. Proyectos : formulación y criterios de evaluación. México Alfaomega, 2009.

Anexos.

Anexo 1. Información para el proyecto de iluminación.

Tabla 1 Total de lámparas instaladas, potencia y horas de uso, del primer Domingo de Abril al último Domingo de Octubre en IEPSA; levantamiento realizado en 2012.

Área	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia unitaria de lámpara [W]	Total [W] instalados	Horas de uso en base	Horas de uso en media	Horas de uso en punta
DIRECCION GENERAL	24	fluorescente T8	32	675.84	0	12	0
Asuntos jurídicos	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
GERENCIA ADMINISTRATIVA							
RECURSOS HUMANOS	10	fluorescente T8	32	281.6	0	12	0
	4	fluorescente T8	59	207.68	0	12	0
CONTABILIDAD	8	fluorescente T8	59	415.36	0	12	0
Presupuestos	1	LED T8	18	18	0	12	0
Organización documenta	8	LEDT8	18	144	0	12	0
	2	fluorescente T8	32	56.32	0	12	0
SUBGERENCIA DE ADQUISICIONES Y CONTRATACIONES	32	fluorescente T8	32	901.12	0	12	0
Compras							
INFORMATICA	18	fluorescente T8	32	506.88	0	12	0
CONTRALORIA	8	LED T8	18	144	0	12	0
	4	fluorescente T8	32	112.64	0	12	0
	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
SUBGERENCIA INNOVACION Y CALIDAD	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
	4	fluorescente T8	32	112.64	0	12	0
GERENCIA COMERCIAL							
Cotizaciones							
Ventas	2	fluorescente T8	32	56.32	0	12	0
Líneas de Apoyo	8	LED T8	18	144	0	12	0
Subgerencia comercial	22	LED T8	18	396	0	12	0
FACTURACION Y EMBARQUES	8	LED T8	18	144	0	12	0
GERENCIA DE PRODUCCION							
Coordinación de producción	32	LED T8	18	576	0	12	0
PLANEACION Y PROGRAMACION							
ALMACEN	14	fluorescente T8	59	726.88	0	12	0
PREPrensa	14	fluorescente T8	32	394.24	6	14	4
DIGITAL	30	LED T8	18	540	6	14	4
	2	fluorescente T8	32	56.32	6	14	4
MANTENIMIENTO	11	LED T8	18	198	6	14	4

	2	fluorescente T8	32	56.32	6	14	4
	3	fluorescente T8	59	155.76	6	14	4
ROTATIVA M-600	17	Aditivos metálicos	400	6800	6	3	4
FOTOMECANICA	20	LED T8	18	360	0	12	0
	4	fluorescente T12	72	253.44	0	12	0
TRANSPORTE	8	fluorescente T8	59	415.36	6	14	4
	4	fluorescente T8	32	112.64	6	14	4
IMPRESIÓN PRENSAS PLANAS	12	fluorescente T8	32	337.92	6	14	4
	90	fluorescente T8	59	4672.8	6	14	4
CORTE	6	fluorescente T8	59	311.52	6	14	4
Vibrado	8	fluorescente T8	59	415.36	6	14	4
DOBLEZ	22	fluorescente T8	59	1142.24	6	14	4
ENGRAPADO	8	fluorescente T8	32	225.28	6	14	4
ALCE	8	fluorescente T8	59	415.36	6	14	4
COSTURA	24	fluorescente T8	59	1246.08	6	14	4
ENCUADERNACION RUSTICA	80	fluorescente T8	59	4153.6	6	14	4
PLASTIFICADO	4	fluorescente T8	59	207.68	6	14	4
ENCUADERNACION PASTA DURA	46	fluorescente T8	59	2388.32	6	14	4
Retractilado	24	fluorescente T8	59	1246.08	6	14	4
Servicio de Edificio	24	LED T8	18	432	6	14	4
Baños	12	fluorescente T8	32	337.92	2	4	1
Comedor	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0

Tabla 2 Total de lámparas instaladas, potencia y horas de uso, del último Domingo de Octubre al primer Domingo de Abril en IEPSA; levantamiento realizado en 2012.

Área	Cantidad de lámparas	Tipo de lámparas	Potencia [W]	Total [W] instalados	Horas de uso en base 2	Horas de uso en media 2	Horas de uso en punta 2
DIRECCION GENERAL	24	fluorescente T8	32	675.84	0	12	0
Asuntos jurídicos	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
GERENCIA ADMINISTRATIVA							
RECURSOS HUMANOS	10	fluorescente T8	32	281.6	0	12	0
	4	fluorescente T8	59	207.68	0	12	0
CONTABILIDAD	8	fluorescente T8	59	415.36	0	12	0
Presupuestos	1	LED T8	18	18	0	12	0
Organización documenta	8	LED T8	18	126.72	0	12	0
	2	fluorescente T8	32	56.32	0	12	0
SUBGERENCIA DE ADQUISICIONES Y CONTRATACIONES	32	fluorescente T8	32	901.12	0	12	0
Compras							
INFORMATICA	18	fluorescente T8	32	506.88	0	12	0

CONTRALORIA	8	LED T8	18	144	0	12	0
	4	fluorescente T8	32	112.64	0	12	0
	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
SUBGERENCIA INNOVACION Y CALIDAD	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0
	4	fluorescente T8	32	112.64	0	12	0
GERENCIA COMERCIAL							
Cotizaciones							
Ventas	2	fluorescente T8	32	56.32	0	12	0
Líneas de Apoyo	8	LED T8	18	144	0	12	0
Subgerencia comercial	22	LED T8	18	396	0	12	0
FACTURACION Y EMBARQUES	8	LED T8	18	144	0	12	0
GERENCIA DE PRODUCCION							
Coordinación de producción	32	LED T8	18	576	0	12	0
PLANEACION Y PROGRAMACION							
ALMACEN	14	fluorescente T8	59	726.88	0	12	0
PREPrensa	14	fluorescente T8	32	394.24	6	12	6
DIGITAL	30	LED T8	18	540	6	12	6
	2	fluorescente T8	32	56.32	6	12	6
MANTENIMIENTO	11	LED T8	18	198	6	12	6
	2	fluorescente T8	32	56.32	6	12	6
	3	fluorescente T8	59	155.76	6	12	6
ROTATIVA M-600	17	Aditivos metálicos	400	6800	6	3	6
FOTOMECANICA	20	LED T8	18	360	0	12	0
	4	fluorescente T12	72	253.44	0	12	0
TRANSPORTE	8	fluorescente T8	59	415.36	6	12	6
	4	fluorescente T8	32	112.64	6	12	6
IMPRESIÓN PRENSAS PLANAS	12	fluorescente T8	32	337.92	6	12	6
	90	fluorescente T8	59	4672.8	6	12	6
CORTE	6	fluorescente T8	59	311.52	6	12	6
Vibrado	8	fluorescente T8	59	415.36	6	12	6
DOBLEZ	22	fluorescente T8	59	1142.24	6	12	6
ENGRAPADO	8	fluorescente T8	32	225.28	6	12	6
ALCE	8	fluorescente T8	59	415.36	6	12	6
COSTURA	24	fluorescente T8	59	1246.08	6	12	6
ENCUADERNACION RUSTICA	80	fluorescente T8	59	4153.6	6	12	6
PLASTIFICADO	4	fluorescente T8	59	207.68	6	12	6
ENCUADERNACION PASTA DURA	46	fluorescente T8	59	2388.32	6	12	6
Retractilado	24	fluorescente T8	59	1246.08	6	12	6
Servicio de Edificio	24	LED T8	18	432	6	12	6
Baños	12	fluorescente T8	32	337.92	2	4	1
Comedor	2	fluorescente T8	59	103.84	0	12	0

Tabla 3 Flujos de Efectivo e índices de evaluación para el proyecto de iluminación.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Concepto									
Inversión	\$615,000.00								
Depreciación	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Ingresos	0	\$848,416.79	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49	\$243,546.49
Costos operación	0	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44	\$134,646.44
Costos de inversión	\$73,800.00	\$73,800.00	\$73,800.00	\$73,800.00	\$73,800.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Utilidad bruta	0	\$713,770.35	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05
Utilidad neta	0	\$639,970.35	\$35,100.05	\$35,100.05	\$35,100.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05
Flujo	-\$688,800.00	\$639,970.35	\$35,100.05	\$35,100.05	\$35,100.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05	\$108,900.05

Valor Presente Neto (VPN)	\$168,083
Tasa Interna de Retorno (TIR)	22%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	92%
Periodo simple de recuperación (PSR)	3
Periodo de recuperación descontado (PRD)	3
Costo de ciclo de vida equipo anterior (CCV1)	\$4,512,475.93
Costo de ciclo de vida equipo nuevo (CCV2)	\$1,877,654.79
Costo de ciclo de vida anualizado (CCVA1)	\$4,029,854.90
Costo de ciclo de vida anualizado (CCVA2)	\$1,518,709.41

Anexo 2. Información para los proyectos de control de la demanda.

Tabla 1 Maquinaria, carga instalada y horas de operación, del primer Domingo de Abril al último Domingo de Octubre en IEPSA; levantamiento realizado en 2012.

Área	Maquinaria instalada	Potencia instalada [kW]	Horas de operación en base	Horas de operación en media	Horas de operación en punta
PREPrensa	Plotter Epson pro 1000	0.68	0	1	0
DIGITAL	Kodak digimaster Ex 300	12.3	0	6	0
	Forradora Horizont BQ 470	14.2	0	6	0
MANTENIMIENTO	Torno	4.5	0.5	0.5	0
	Afiladora	3.75	0	2.5	0
ROTATIVA M-600	Rotativa GOSS M-600	98	4	12.5	1.5
	Chiller York	56.8	4	12.5	1.5
	Rotativa Community	60	0	6	1.5
FOTOMECANICA	Reveladora de placas Lusher V pose 130	13.71	4	5	1.5
	Reveladora de placas Afga Avantara	15.2	4	5	1.5
TRANSPORTE	Reveladora de Placas Basys	10	4	5	1.5
	Reveladora de placas Kodak	2	4	5	1.5
IMPRESIÓN PRENSAS PLANAS	Speed Master 102 UNO	42.5	4	9	1.5
	Speed Master 102 DOS	42.5	4	9	1.5
	Speed Master 102 TRES	42.5	4	9	1.5
	Speed Master 102 CD CUATRO	56	4	9	1.5
	Speed Master 102 CINCO	72	4	9	1.5
CORTE	Cortadora de carton Kolbus	0.75	0	9	1.5
	Cortadora de carton Krauze Kolbus	0.75	0	9	1.5
	Guillotina Polar Uno	8.4	4	9	1.5
	Guillotina Polar Dos	8.4	4	9	1.5
	Guillotina Polar 137 TX	13.2	4	9	1.5
Vibrado	Vibradora Uno	0.37	4	9	1.5
	Vibradora Dos	0.37	4	9	1.5
DOBLEZ	Dobladora Sthal Uno	6.5	4	9	1.5
	Dobladora Sthal Dos	6.5	4	9	1.5
	Dobladora Sthal Folder	7.2	4	9	1.5
ENGRAPADO	Engrapadora Stitch Master	32.3	0	3	1.5
ALCE	Alzadora Star binder	32.4	4	9	1.5
COSTURA	Maquina de costura Inventa uno	10.8	4	9	1.5
	Maquina de costura Inventa Dos	10.8	4	9	1.5
	Maquina de costura Inventa Plus	6.2	4	9	1.5
	Maquina de costura Inventa Ventura	6.5	4	9	1.5
ENCUADERNACION RUSTICA	Encuadernadora Starbinder	22	4	9	1.5
	Tren de Encuadernación Bolero	95	4	12.5	1.5

	Tren de Encuadernación Amigo	32.88	0	2	1.5
PLASTIFICADO	Plastificadora Autobond	28.6	4	12.5	1.5
ENCUADERNACION PASTA DURA	Tren de pasta dura Kolbus D.A.	25.3	4	12.5	1.5
	Tren de pasta dura Kolbus Siglosh	18.7	4	12.5	1.5
	Tren de pasta dura Kolbus H.D.	17.2	4	12.5	1.5
	Tren de pasta dura Kolbus BF 512	24.6	4	12.5	1.5
Retractilado	Retractiladora Shanklin	6.5	4	12.5	1.5
Red de Aire Comprimido	Compresor kaeser Uno	18.75	4	6	1.5
	Compresor kaeser Dos	18.75	4	6	1.5
	Compresor kaeser Tres	18.75	4	12.5	1.5
	Compresor kaeser Cuatro	56.25	4	12.5	1.5
Baños	Bombas	3	0.5	5.5	1.5
Comedor	Extractor	7	6	16	2

Tabla 2 Maquinaria, carga instalada y horas de operación, del último Domingo de Octubre al primer Domingo de Abril en IEPSA; levantamiento realizado en 2012.

Área	Maquinaria instalada	Potencia instalada [kW]	Horas de operación en base	Horas de operación en media	Horas de operación en punta
PREPrensa	Plotter Epson pro 1000	0.68	0	1	0
DIGITAL	Kodak digimaster Ex 300	12.3	0	6	0
	Forradora Horizont BQ 470	14.2	0	6	0
MANTENIMIENTO	Torno	4.5	0.5	0.5	0
	Afiladora	3.75	0	2.5	0
ROTATIVA M-600	Rotativa GOSS M-600	98	4	10.5	3.5
	Chiller York	56.8	4	10.5	3.5
	Rotativa Community	60	0	6	3.5
FOTOMECANICA	Reveladora de placas Lusher V pose 130	13.71	4	5	3.5
	Reveladora de placas Afa Avandra	15.2	4	5	3.5
TRANSPORTE	Reveladora de Placas Basys	10	4	5	3.5
	Reveladora de placas Kodak	2	4	5	3.5
IMPRESIÓN PRENSAS PLANAS	Speed Master 102 UNO	42.5	4	10.5	3.5
	Speed Master 102 DOS	42.5	4	10.5	3.5
	Speed Master 102 TRES	42.5	4	10.5	3.5
	Speed Master 102 CD CUATRO	56	4	10.5	3.5
	Speed Master 102 CINCO	72	4	10.5	3.5
CORTE	Cortadora de carton Kolbus	0.75	0	10.5	3.5
	Cortadora de carton Krauze Kolbus	0.75	0	10.5	3.5
	Guillotina Polar Uno	8.4	4	10.5	3.5
	Guillotina Polar Dos	8.4	4	10.5	3.5
	Guillotina Polar 137 TX	13.2	4	10.5	3.5
Vibrado	Vibradora Uno	0.37	4	10.5	3.5
	Vibradora Dos	0.37	4	10.5	3.5

DOBLEZ	Dobladora Sthal Uno	6.5	4	10.5	3.5
	Dobladora Sthal Dos	6.5	4	10.5	3.5
	Dobladora Sthal Folder	7.2	4	10.5	3.5
ENGRAPADO	Engrapadora Stitch Master	32.3	0	3	3.5
ALCE	Alzadora Star binder	32.4	4	10.5	3.5
COSTURA	Maquina de costura Inventa uno	10.8	4	10.5	3.5
	Maquina de costura Inventa Dos	10.8	4	10.5	3.5
	Maquina de costura Inventa Plus	6.2	4	10.5	3.5
	Maquina de costura Inventa Ventura	6.5	4	10.5	3.5
ENCUADERNACION RUSTICA	Encuadernadora Starbinder	22	4	10.5	3.5
	Tren de Encuadernación Bolero	95	4	10.5	3.5
	Tren de Encuadernación Amigo	32.88	0	2	3.5
PLASTIFICADO	Plastificadora Autobond	28.6	4	10.5	3.5
ENCUADERNACION PASTA DURA	Tren de pasta dura Kolbus D.A.	25.3	4	10.5	3.5
	Tren de pasta dura Kolbus Siglosh	18.7	4	10.5	3.5
	Tren de pasta dura Kolbus H.D.	17.2	4	10.5	3.5
	Tren de pasta dura Kolbus BF 512	24.6	4	10.5	3.5
Retractilado	Retractiladora Shanklin	6.5	4	10.5	3.5
Red de Aire Comprimido	Compresor kaeser Uno	18.75	4	6	3.5
	Compresor kaeser Dos	18.75	4	6	3.5
	Compresor kaeser Tres	18.75	4	10.5	3.5
	Compresor kaeser Cuatro	56.25	4	10.5	3.5
Baños	Bombas	3	0.5	5.5	3.5
Comedor	Extractor	7	6	14	4

Tabla 3 Flujos de Efectivo e índices de evaluación, del control de la demanda al recorrer una hora el horario laboral.

Periodo						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$60,000.00					
depreciación	0	0	0	0	0	0
Ingresos	\$0.00	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78
costos operación	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
costos de inversión	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00	\$7,200.00
utilidad	-\$60,000.00	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78	\$267,250.78
Flujo	-\$67,200.00	\$260,050.78	\$260,050.78	\$260,050.78	\$260,050.78	\$260,050.78

Valor Presente Neto (VPN)	\$870,225
Tasa Interna de Retorno (TIR)	387%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	421%
Periodo simple de recuperación (PSR)	1
Periodo de recuperación descontado (PRD)	1

Tabla 4 Flujos de efectivo e índices de evaluación del control de la demanda, al cambiar la producción del horario punta al horario base.

Periodo						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$127,200.00					
depreciación	0	0	0	0	0	0
ingresos	\$0.00	\$187,119.32	\$187,119.32	\$187,119.32	\$187,119.32	\$187,119.32
costos operación	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00	\$67,200.00
costos de inversión	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
utilidad	-\$194,400.00	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32
Flujo	-\$194,400.00	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32	\$119,919.32

Valor Presente Neto (VPN)	\$237,882
Tasa Interna de Retorno (TIR)	55%
Tasa de rendimiento inmediato (TRI)	94%
Periodo de recuperación descontado (PRD)	3
Periodo simple de recuperación (PSR)	2