

2017

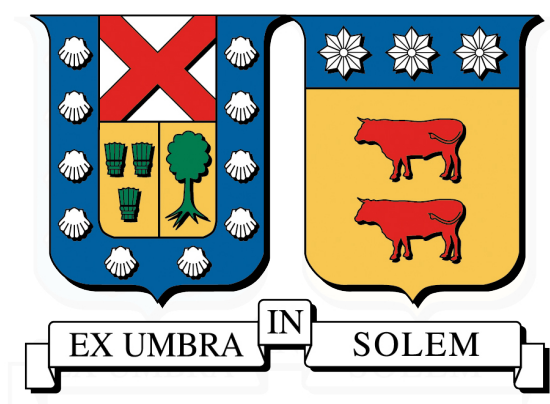
DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA APLICACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN LAS PYMES.

ANDRADE CONCHA, FRANCISCO JESÚS FERNANDO

<http://hdl.handle.net/11673/22527>

Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAS
SANTIAGO - CHILE



**DESARROLLO DE UNA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL
PARA LA APLICACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA EN PYMES**

FRANCISCO JESÚS FERNANDO ANDRADE CONCHA

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA : SRA. MARIA PILAR GARATE
PROFESOR CORREFERENTE : SR. FRANCISCO DALL'ORSO

ENERO 2017

Agradecimientos

Quiero agradecer a todas las personas que me han ayudado en este largo camino, desde cosas tan simples como una sonrisa, o tan complejas como en ramos, tareas o proyectos.

Quiero dar las gracias a mi polola Belén Plaza por acompañarme durante la mayor parte de mi carrera, soportando mis berrinches y desilusiones, así como también acompañándome en las alegrías, mostrando siempre su apoyo incondicional.

Quiero agradecer a mi mamá Claudia Concha que sin ella no podría haber siquiera despertado para alguna prueba, que siempre trato de apoyarme en todo lo que pudo.

También agradecer a todos mis amigos y compañeros de universidad que siempre me han apoyado y dado ánimos para continuar de formas muy variadas, desde una reprimenda hasta las felicitaciones. Los innumerables trabajos y ramos que afrontamos juntos. Entre los más importantes recalco a Macarena, Víctor, Diego, Álvaro, Alberto, Karla y Paulina que siempre estuvieron acompañándome de una u otra forma.

Finalmente agradecer a todas esas demás personas que estuvieron en mi camino y me dieron su mano para poder lograr esto.

RESUMEN EJECUTIVO

La presente tesis consiste, en el desarrollo de una herramienta computacional, para la aplicación de eficiencia energética en Pymes. El objetivo principal se centra en el desarrollo del software prototipo que entregará la información necesaria para la toma de decisiones de las organizaciones, tomando en consideración distintos estándares internacionales referentes a los programas de eficiencia energética. Además, se presentará un pequeño Modelo de Negocios para la distribución de la aplicación.

Para lograr lo anteriormente descrito, se recopila variada información en temas energéticos e informáticos, tomando en consideración literatura, tanto a nivel global como nacional centrada en Pymes y sistemas de gestión para la información. De esta manera se elabora un software prototipo, desarrollado a partir de Bases de Datos.

La herramienta creada busca ser un facilitador en la inclusión de temas energéticos por parte de las Pymes, permitiendo desarrollar gran parte de una auditoria energética, respondiendo al desafío actual por crear un consumo energético responsable y sostenible. Al estar desarrollada como una base de datos permite estandarizar tanto productos, maquinaria, producción, entre otros. Su alcance dependerá completamente del nivel y calidad de información que se ingresa, para luego llevar a cabo análisis de costos y consumo energético, la relación entre la producción y los gastos energéticos, así como también el análisis de maquinaria.

La validez y potencial del software utilizado se pone a prueba, analizando dos casos reales ya aplicados de asesorías energéticas, logrando responder de forma correcta y acorde a los resultados ya existentes.

Como todo programa de gestión energética mediante la recolección de información, se pasa al cálculo de indicadores, para luego desarrollar los análisis que generarán una mejor toma de decisiones en la organización.

La principal ventaja que se encuentra en la utilización de un software, recae fundamentalmente en el menor tiempo de procesamiento de datos para lograr los mismos resultados.

ABSTRACT

The present thesis consists in the development of a computational tool for the application of energy efficiency in SMEs. The main objective is to develop the prototype software that will provide the information necessary for the decision making of the organizations, taking into account the international standards related to energy efficiency programs. In addition, a small Business Model for the distribution of the application is presented.

To achieve this, various information on energy and information technology is collected, taking into account the literature, both globally and nationally focused on SMEs and information management systems. In this way a prototype software is developed, developed from Databases.

The tool created seeks to be a facilitator in the inclusion of energy issues by SMEs, allowing to develop much of an energy audit, responding to the current challenge of creating responsible and sustainable energy consumption. Being developed as a database allows standardizing both products, machinery, production, among others. Its scope will depend entirely on the level and quality of the information that is entered, and then carry out a cost analysis of energy expenditure and consumption, the relationship between production and energy expenditure, as well as the analysis of machinery.

The validity and potential of the program used are tested, analyzing the real and applied cases of the energy consultancies, managing to respond to the correct form and in line with the existing results.

Like any energy management program through the collection of information, the calculation of indicators is passed, and then develop the analysis that generates better decision-making in the organization.

The main advantage that is found in the use of a software, relies mainly on the less time of data processing to achieve the same results.

Índice de Contenidos

1. Problema de investigación	1
2. Objetivos	4
2.1. Objetivo general	4
2.2. Objetivos específicos	4
3. Marco Teórico	5
3.1. Definición eficiencia energética	5
3.2. La gestión energética	5
3.3. Pymes en el mundo	6
3.4. Barreras a la aplicación de GE en Pymes	8
3.5. Situación energética actual en Chile	11
3.6. Eficiencia energética en el mundo	16
3.7. Emisiones Energéticas en el Mundo	17
3.8. Normas de eficiencia energética	19
3.9. Implementación de herramientas de administración, calidad y diversos factores en un programa de eficiencia energética	20
3.9.1. Hojas de Verificación (Render y Heizer, 2009)	21
3.9.2. Diagramas de dispersión (Gujarati y Porter, 2006)	21
3.9.3. Diagramas de causa y efecto (Render y Heizer, 2009)	22
3.9.4. Gráficas de Pareto (Render y Heizer, 2009)	22
3.9.5. Diagramas de flujo	24
3.9.6. Histogramas	24
3.9.7. Control Estadístico de Procesos (SPC)	24
3.9.8. Indicadores de Gestión	26
3.10. Base de datos	28
3.10.1. El problema de los datos	28
3.10.2. Sistema de Base de Datos	30
3.10.3. Estructura de una base de datos	30
3.10.4. Ventajas y Desventajas de las bases de datos	31
3.10.5. Sistema gestor de bases de datos	32
3.10.6. Niveles ANSI/SPARC	32
3.10.7. Independencia lógico/física	33
3.10.8. Modelo de datos	34
3.11. Clasificación de los modelos de datos	34

3.11.1. Modelo entidad relación (Modelo Conceptual)	36
3.11.2. Modelos lógicos de datos	40
3.11.3. Modelo Relacional	41
3.11.4. Paso del esquema E/R al modelo relacional	45
3.11.4.1. Transformación de entidades fuertes	45
3.11.4.2. Transformación de relaciones	45
3.11.4.3. Transformación Entidades Débiles	48
3.11.5. Normalización del esquema relacional	48
3.11.5.1. Formas Normales	49
3.12. Implementación “física” y uso de la base de datos para la gestión de la información	55
3.12.1. SQL	55
4. Metodología	58
4.1. Modelo a implementar: PGE	58
4.1.1. Etapa 1: Diagnóstico Global (Nivel 1).	59
4.1.1.1. Definición del problema	60
4.1.1.2. Recopilación de Información	60
4.1.1.3. Análisis y Clasificación de la información	61
4.1.1.4. Determinación del consumo de las energías y combustibles (Diagramas de Dispersión, Función Global de la Energía)	64
4.1.1.5. Indicador de Energía No asociada (E_0)	64
4.1.1.6. Construcción del Diagrama Energético de la Organización	65
4.1.1.7. Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs P)	65
4.1.2. Etapa 2: Diagnóstico y usos de la energía (Nivel 2)	66
4.1.2.1. Aplicación de Diagramas de Pareto	67
4.1.2.2. Aplicación de Diagramas Causa – Efecto (Diagrama de Ishikawa)	68
4.1.2.3. Inspección en Terreno	68
4.1.2.4. Lista de Propuestas de Mejora y/o Recomendaciones	68
4.1.2.5. Cuadro de Indicadores y Metas	68
4.1.2.6. Cuadro de Planes de acción	69
4.1.2.7. Política energética	69
4.1.3. Etapa 3: Diagnóstico, usos y fuentes de la energía (Nivel 3)	70
4.1.3.1. Lista de Verificación de la Asociación Chilena de Eficiencia Energética para procesos y equipos	72
4.1.3.2. Cartas de Control Estadístico	72
5. Desarrollo de aplicación	73
5.1. Esquema Real	73
5.2. Modelo Entidad Relación	75
5.3. Modelo Relacional	77
5.3.1. Microsoft Office Access	79
5.3.2. Pasos	82

5.4. Software Prototipo	84
6. Casos Aplicados	97
6.1. Exportación de Mejillones	97
6.1.1. Análisis Nivel 1	97
6.2. Auditoria Plásticos Haddad.	104
6.2.1. Análisis Nivel 1	105
6.2.2. Análisis Nivel 2	111
7. Modelo de Negocios	115
7.1. Mercado Objetivo	115
8. Conclusiones	118
8.1. Posibles Mejoras	119
Bibliografía	120
A. ANEXOS	123
A.1. Listas de Chequeo Fuentes Energéticas	123

Índice de Tablas

1.1. Cifras para la participación del sector industrial en los países de Japón, Suecia, España, Bélgica y Chile.	1
3.1. Se presenta la subdivisión de procesos de producción y apoyo en distintas categorías.	7
3.2. Presentación de algunas características de Pymes en el sector Industrial/-productivo.	8
3.3. Barreras, encuesta realizada a 43 empresas del sector industrial.	10
3.4. Factores de motivación, encuesta realizada a 108 empresas del sector industrial.	11
3.5. Dependencia energética en Chile.	12
3.6. Clasificación Empresas según SII	14
3.7. Clasificación Empresas según SOFOFA	14
3.8. Tabla que presenta diferentes Normas vigentes en el mundo.	20
3.9. Ejemplos sobre normalización de datos 1FN.	49
3.10. Ejemplo sobre normalización de datos 2FN, incorrecta aplicación.	51
3.11. Ejemplo sobre normalización de datos 2FN, correcta aplicación.	51
3.12. Ejemplo sobre normalización de datos 3FN, incorrecta aplicación.	51
3.13. Ejemplo sobre normalización de datos 3FN, correcta aplicación.	52
3.14. Ejemplos sobre normalización de datos en FNBC, en (a) se aprecia forma incorrecta y en (b) correcta.	52
3.15. Ejemplo de Tabla para Dependencia Multivaluada.	53
3.16. Ejemplo sobre normalización de datos 4FN, correcta aplicación.	54
3.17. Ejemplos sobre normalización de datos en 5FN, en (a) se aprecia forma incorrecta y en (b) - (c) correcta.	54
4.1. Lista de propuestas de mejora y/o recomendaciones	69
4.2. Ejemplo de Cuadro de Indicadores y Metas.	69
4.3. Diagrama de Planes de Acción	70
A.1. Instalaciones y sistemas eléctricos	123
A.2. Equipos eléctricos.	124
A.3. Equipos Electrógenos	124
A.4. Iluminación	124
A.5. Sistemas de recuperación de calor	124

A.6. Hornos y secadoras-	125
A.7. Sistemas de refrigeración	125
A.8. Sistemas de vapor y Condensado	125
A.9. Calderas.	125



Índice de Figuras

1.1. Porcentaje participación del sector industrial en los países de Japón, Suecia, España, Bélgica y Chile.	2
3.1. Consumo total en Mtoe (Millones de toneladas de petróleo equivalente) para Chile.	12
3.2. Distribución del consumo energético por sectores.	13
3.3. Evolución del uso de energías primarias en el Mundo en [Mtep]	16
3.4. Comparación entre la composición del uso de energía primaria 1973-2010 en [Mtep].	17
3.5. Emisiones globales antropogénicas relacionadas con la energía de gases de efecto invernadero.	18
3.6. La reducción global de emisiones de GEI relacionadas con la energía por distintas medidas de políticas energéticas en el escenario actual (Bridge) con respecto al escenario de la INDC.	19
3.7. Hoja de verificación: método organizado para registrar datos.	21
3.8. Diagramas de dispersión, donde a) Correlación positiva, b) Correlación negativa y c) Correlación cero	22
3.9. Diagramas de espina de pescado (o causa y efecto) para problemas con tiros libres fallados.	23
3.10. Gráfica de Pareto sobre las quejas en un Hotel.	23
3.11. Ejemplo de diagrama de flujo para un proceso de atención de cliente en donde en el paso 7, 20 % de las veces se necesita información adicional del cliente, hasta completar su pedido.	24
3.12. Histograma de frecuencia de ocurrencia respecto al tiempo de reparación.	25
3.13. Gráfica de control para calcular el porcentaje de tiros fallados en nueve juegos.	25
3.14. Niveles ANSI/SPARC.	33
3.15. Clasificación de los Modelos de Datos.	34
3.16. (a) Cuadro izquierdo, representa entidad normal, (b) Cuadro derecho, representación entidad débil.	37
3.17. Ejemplos de relaciones en el Modelo E/R.	37
3.18. Identificación de Cardinalidad en relaciones.	38
3.19. Cada círculo o ovalo representa un atributo específico para cada entidad o relación.	39
3.20. Transformación de una entidad fuerte al esquema relacional.	45

3.21. Transformación de una relación muchos a muchos.	46
3.22. Transformación en el modelo relacional de una entidad n-aria.	46
3.23. Transformación de una relación uno a muchos.	47
3.24. Transformación de relaciones recursivas en el modelo relacional.	47
3.25. Transformación de una entidad débil en el modelo relacional.	48
4.1. Programa de Gestión de la Energía	59
4.2. Etapas Diagnóstico Global	60
4.3. Ejemplo Matriz Energética	62
4.4. Gráfico de Dispersión	63
4.5. Diagrama: Diagnóstico y Usos de la Energía (Nivel 2)	67
4.6. Diagnóstico, usos y fuentes de la energía (nivel 3)	72
5.1. Modelo Lógico, para el desarrollo del software prototipo.	78
5.2. Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.	80
5.3. Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.	81
5.4. Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.	81
5.5. Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.	81
5.6. Ejemplo visual sobre la edición de tablas en Microsoft Office Access, en el modo diseño.	83
5.7. Ejemplo visual para la creación de relaciones en la herramienta utilizada.	83
5.8. Modelado completo de las relaciones pertinentes para el desarrollo del prototipo.	84
5.9. Ventana principal del Software Prototipo.	85
5.10. Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.	85
5.11. Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.	86
5.12. Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.	88
5.13. Ventana Ingreso de Maquinaria del Software Prototipo.	88
5.14. Ventana Ingreso de Productos del Software Prototipo.	89
5.15. Ventana Ingreso de consumo energético del Software Prototipo.	90
5.16. Ventana Ingreso de Producción por Máquina del Software Prototipo.	91
5.17. Ventana Ingreso de Producción por Producto del Software Prototipo.	91
5.18. Ventana Ingreso de Máquinas sin Producción del Software Prototipo.	92
5.19. Ventana Análisis Nivel 1 del Software Prototipo.	93
5.20. Ventana Análisis Nivel 1 del Software Prototipo.	94
5.21. Ventana Análisis Nivel 2 del Software Prototipo.	95
5.22. Ventana Informe de Producción del Software Prototipo.	96
6.1. Distribución del consumo de energías de empresa en estudio, consumo total de 248,03 [tep].	98
6.2. Detalle del consumo eléctrico de la empresa en estudio.	99
6.3. Detalle del consumo de Leña de la empresa en estudio.	100
6.4. Detalle del consumo de Petroleo de la empresa en estudio.	101
6.5. Grafico de dispersión entre los datos de consumo eléctrico y producción de tipos de producto para la empresa en estudio.	102

6.6. Informe de regresión generado en base a los datos de consumo eléctrico mensual y producción mensual de la empresa en estudio.	102
6.7. Facturación mensual por consumo de energía en Plásticos Haddad.	105
6.8. Distribución del consumo de energías de Plásticos Haddad S.A., consumo total de 648,8 [tep].	106
6.9. Detalle del consumo eléctrico de Plásticos Haddad S.A.	107
6.10. Detalle del consumo para gas licuado de Plásticos Haddad S.A.	108
6.11. Detalle del consumo de bencina de 95 octanos y diesel para Plásticos Haddad S.A.	108
6.12. Detalle del consumo de gas natural de Plásticos Haddad S.A.	109
6.13. Grafico de dispersión entre los datos de consumo eléctrico y producción de tipos de producto para Plásticos Haddad S.A.	109
6.14. Informe de regresión generado en base a los datos de consumo eléctrico mensual y producción mensual de Plásticos Haddad S.A.	110
6.15. Composición porcentual del consumo eléctrico en la zona de producción según tipo de maquinaria.	111
6.16. Evolución del consumo productivo de la empresa según tipo de maquinaria.	112
6.17. Gráfico de Pareto que presenta el consumo y el porcentaje acumulado de la empresa según maquinaria.	113
6.18. Informe de Producción según los datos de Plásticos Haddad S.A.	114
7.1. Detalle herramienta CANVAS, para el desarrollo del modelo de negocios.	116

1 | Problema de investigación

En la cultura post-industrial en la que nos encontramos hoy en día, el desarrollo económico se ha visto basado en la utilización de distintos tipos de energía, principalmente no renovables como los combustibles fósiles, los cuales presentan alzas constantes de precios debido a su limitada existencia y extracción. En la última década el consumo de estos combustibles ha aumentado un 35 % en Latinoamérica ([World Energy Council WEC, 2014](#)). Es por esto que ahora más que nunca, es necesario recurrir a opciones que permitan la optimización, eficiencia y eficacia en su utilización.

Dentro del margen de uso de la energía podemos observar que uno de los principales actores es el sector industrial, en Chile corresponde al 39 % del consumo total, que considera solo 3 % de grandes empresas, por lo que las pequeñas y medianas empresas (Pymes) en su conjunto presentan un elevado nivel de consumo. En comparación, para Suecia y Bélgica, el uso energético en Pymes asciende a 25 % y para el caso de Japón un 11 % ([Thollander et al., 2014](#)). Adicionalmente se presenta un gráfico sobre el uso de energía en el sector industrial en la Figura 1.1 y la Tabla 1.1 que compara distintas participaciones de la industria.

Tabla 1.1: Cifras para la participación del sector industrial en los países de Japón, Suecia, España, Bélgica y Chile.

	Participación de la industria en materia de energía (2012)	Participación de las Pymes en la energía	Participación de las Pymes en la producción económica
Japón	39 %	11 %	48 %
Suecia	39 %	25 %	37 %
España	31 %	N.a.	N.a.
Bélgica	46 %	25 %	40 %
Chile	39 %	N.a.	15 %

(Fuente: [Thollander et al. \(2014\)](#), [International Energy Agency](#))

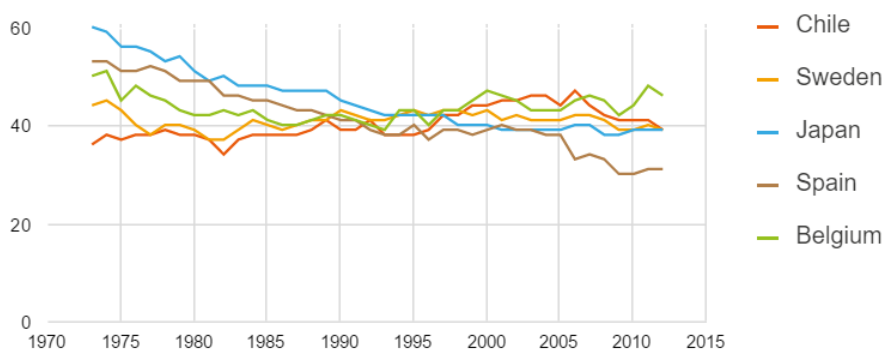


Figura 1.1: Porcentaje participación del sector industrial en los países de Japón, Suecia, España, Bélgica y Chile.

(Fuente: [International Energy Agency](#))

A pesar de estas afirmaciones la eficiencia energética en Pymes se observa como un factor de gastos y costos más que de beneficios. Sin embargo con el desarrollo de nuevas tecnologías, estos mitos han ido perdiendo fuerza, observando una ventaja sustentable en las empresas que han incursionado en sistemas de gestión energética ([L. Hunter Lovins and Boyd Cohen, 2010](#)). En Italia las Pymes han empezado a mirar la eficiencia energética como un factor estratégico importante para competir, llegando a ser un tema de creciente urgencia, considerando las presiones externas que incluyen aumento en precios de la energía o mayores impuestos sobre las emisiones ([Cagno y Trianni, 2013](#)).

Un estudio realizado a doscientas Pymes de Japón y Suecia, sobre eficiencia energética, revela la importancia que supone un programa gubernamental estandarizado que provea de soluciones concretas a largo plazo, realizando un seguimiento constante ([Thollander et al., 2015a](#)). Sin embargo, es importante señalar que existen diversas barreras para la aplicación de un Sistema de eficiencia energética en Pymes tales como la falta de normas provenientes de políticas gubernamentales estrictas, la falta de recursos y capacidades, la falta de información y los niveles bajos de conocimiento y la comprensión de las cuestiones ambientales y sus oportunidades entre los propietarios y directivos ([Meath et al., 2015](#)). Los sistemas de información, así como las herramientas necesarias para el desarrollo de eficiencia energética son una de las principales barreras a las que estas empresas se enfrentan. Esto demuestra la importancia de crear y apoyar una red local de conocimientos

y competencias capaces de informar a las empresas la tecnología de los proveedores e instaladores y de este modo aprovechar las oportunidades existentes en el mercado para aumentar su eficiencia energética (Trianni et al., 2013).

Por otro lado, una auditoria energética se presenta como un gasto elevado para las Pymes por lo que la inclusión de estas genera un rechazo, debido a la necesidad de utilizar personal dedicado en esta área o la contratación de una empresa externa. El principal problema que se presenta en esta área son los elevados costos de carácter económicos, en conjunto con los bajos niveles de información existentes sobre políticas o programas adecuados para la eficiencia energética en Pymes.

La solución que se propone a esta problemática se basa en la confección y desarrollo de un programa computacional, de fácil utilización, basado en distintos indicadores para la toma de decisiones en temas de eficiencia energética. Esta herramienta presenta distintas alternativas, una visión base de la empresa en el ámbito energético y sus posibles beneficios económicos.

La solución radica en la implementación del programa de eficiencia energética propuesto por Miguel Angel Silva Díaz en su tesis: “*GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y SU VALOR EN LA ORGANIZACIÓN. UN PROGRAMA DE GESTIÓN ENERGÍA APLICADA A LA PYME*”(Silva Díaz, 2015).

2 | Objetivos

2.1. Objetivo general

Desarrollo de una herramienta para la aplicación de un programa de eficiencia energética orientada a Pymes, mediante la creación de un software computacional, para el apoyo de la toma de decisiones en estas organizaciones.

2.2. Objetivos específicos

- Describir y desarrollar el concepto de eficiencia energética, así como sus limitantes aplicado a las pequeñas y medianas empresas productivas.
- Identificar los principales indicadores (KPI) necesarios para la aplicación de un programa de eficiencia energética en Pymes productivas.
- Analizar y determinar las características necesarias para desarrollar y diseñar una herramienta de fácil utilización.
- Desarrollar un prototipo funcional del software, mediante el manejo de bases de datos, para la implementación de un Programa de Gestión Energética en las Pymes.
- Implementación y evaluación de la herramienta, aplicado a un caso real de eficiencia energética.
- Delinear estrategias para la difusión de la herramienta, mediante la investigación del mercado objetivo con la herramienta CANVAS.

3 | Marco Teórico

3.1. Definición eficiencia energética

Hoy en día debido al constante crecimiento y avance tecnológico, se tienen consumos cada vez mayores de energía que representan toneladas de CO_2 emitidas, cada vez mayores que producen un grave daño medioambiental.

La eficiencia energética (EE) representa un conjunto de acciones que permiten optimizar la cantidad de energía consumida en relación a los productos y servicios obtenidos, en otras palabras, “*hacer más con menos*”. La capacidad de ahorrar energía es fundamental para preservar a futuro el planeta, reduciendo o dejando de hacer ciertas actividades, para evitar el consumo de la energía (Lee et al., 2011).

El concepto de EE está directamente relacionado con la optimización de recursos dentro de la empresa, reduciendo de forma constante los costos fijos asociados al uso de la energía y el impacto ambiental que las organizaciones generan manteniendo los mismos niveles de servicio, sin disminuir el confort ni la calidad de vida, asegurando el abastecimiento de energía, protegiendo el medio ambiente y fomentando la sostenibilidad.

3.2. La gestión energética

La gestión energética (GE) es definida por distintos autores y entidades variando en su alcance y bases fundamentales. La GE se centra en la aplicación de tecnologías de EE en maquinarias ineficientes y su mantenimiento, el uso correcto de la energía en conjunto con sistema de información (TIC's) adecuadas para el control dentro de la organización (Backlund et al., 2012). Se debe tener una visión vertical que abarque todas las áreas de la

empresa en conjunto con sus trabajadores para el uso mínimo de la energía en conciencia.

La EE y GE van de la mano para poder adoptar medidas y poder desarrollarlas, implementarlas y monitorearlas dentro de las organizaciones. Comúnmente en las grandes empresas es posible obtener beneficios muy grandes debido a su poder adquisitivo y mayor conocimiento. Por otro lado, en las pequeñas y medianas empresas (Pymes) esta labor se dificulta, debido al escaso capital humano, así como la falta de recursos. Es así como se puede apreciar un aumento de conciencia del impacto medio ambiental para todo tipo de empresas alrededor del mundo.

3.3. Pymes en el mundo

En el mundo las Pymes representan un gran potencial para la EE, éstas representan el 95 % del sector privado de la mayoría de las economías industrializadas y logran representar a nivel mundial un 70 % de las poluciones totales. Las Pymes presentan sus principales consumos en combustibles fósiles y electricidad. Con el crecimiento de las economías el gasto energético aumenta en mayor medida, los distintos gobiernos del mundo ya han puesto énfasis a la ayuda para estas empresas dándole prioridad a las Pymes productivas.

Los procesos de producción son pasos integradores en la fabricación de diferentes productos, pero no incluyen factores como ventilación o calefacción. Se debe dividir en procesos de producción y procesos de apoyo para todas las actividades que comprenden la producción dentro de la empresa, a continuación se entrega una división de once categorías para los procesos productivos y diez para los procesos de apoyo (Tabla 3.1).

Esta división es fundamental para la aplicación de GE en las pymes las cuales poseen un amplio potencial para la aplicación de EE. Gran variedad de las aplicaciones residen en procesos productivos o de apoyo, cuando se realiza una auditoria energética estas diferencias deben ser consideradas para un correcto análisis.

Diversos estudios se han enfocado en las Pymes, Japón posee datos históricos publicados en donde se presentan los principales consumos en procesos primarios y secundarios, en conjunto con análisis realizados en Bélgica y Suecia, el gasto energético primario para medianas empresas del sector industrial asciende a 28 – 140 GWh/año en inicios del 2005,

Tabla 3.1: Se presenta la subdivisión de procesos de producción y apoyo en distintas categorías.

Procesos de Producción	Procesos de Apoyo
Desintegración	Iluminación
Mezcla	Aire Comprimido
Desarticulación	Ventilación
Unión	Bombeo
Revestimiento	Calefacción de espacios
Moldura	Hervir agua potable
Calefacción	Transporte Interno
Fusión	Sistema de vapor
Secado	Administración
Refrigeración / Congelación	Enfriamiento
Embalaje	

de igual manera para pequeñas empresas, el consumo primario es menor a 28 GWh/año. (Thollander et al., 2015b). Una auditoría realizada por EEU (Eurasian Economic Union) para 277 Pymes productivas arroja un uso energético total cercano al 48 %. En promedio el 18 % del gasto eléctrico es en iluminaria, 8 % en la producción de aire comprimido y 15 % para enfriamiento. La capacidad de ahorro de energía varía según el sector, pero para EEU representó cerca del 12 % de la producción total, un ahorro de 880 GWh/año.

Las características de las pequeñas y medianas (Tabla 3.2) se reflejan en la cantidad de energía utilizada, los recursos humanos existentes que comúnmente son muy limitados para las pequeñas empresas en donde comúnmente el rol encargado de la eficiencia energética recae sobre el dueño o personal sin experiencia, en comparación a medianas empresas que presentan un reducido personal dedicado. El tipo de tecnología utilizado es otra característica, en donde las pequeñas empresas reúnen sus esfuerzos principalmente en los procesos de apoyo y las medianas adicionalmente a procesos de producción.

Se deben adicionalmente tener presentes las limitantes correspondientes, consideradas barreras u obstáculos que deben enfrentar las Pymes.

Tabla 3.2: Presentación de algunas características de Pymes en el sector Industrial/productivo.

	Pymes medianas de sector industrial con alto consumo energético	Pymes pequeñas de sector industrial con bajo consumo energético
Cantidad de energía utilizada	Mediano	Pequeño
Recursos humanos asociados a la gestión de energía	Limitados, pero usualmente con un par de ingenieros responsables.	Muy Limitado, usualmente sin responsables del área.
Tipo de tecnología	Procesos de producción y apoyo	Muchos procesos de apoyo

3.4. Barreras a la aplicación de GE en Pymes

Las Pymes presentan diferentes factores que obstaculizan la implementación de EE, a continuación se presentan las principales:

- Baja difusión de tecnologías
- Riesgos del mercado
- Dificultad para adquirir las habilidades necesarias
- Bajo interés en eficiencia energética
- Costos iniciales altos
- Costos ocultos
- Criterio de evaluación inadecuado
- Falta de difusión de objetivos dentro de la organización
- Diferentes intereses dentro de la organización
- Falta de control interno
- Problemas para identificar ineficiencias
- Falta de conciencia

Muchos de estos obstáculos están presentes en toda Pyme productiva, por lo que sin un incentivo real estas preferirán no invertir, ni gastar tiempo en el proceso.

“The case of the ClimateSmart Business Cluster Program”(Meath et al., 2015) presenta los distintos tipos de barreras al implementar medidas de eficiencia energética, es aquí donde se observan de forma concreta las mayores dificultades para las Pymes al aplicar estos cambios en la organización. Adicionalmente se presentan las principales motivaciones para adoptar estas medidas.

El estudio se basa en 43 empresas del ámbito productivo (Tabla 3.3), estas presentan alrededor de 66 barreras en 13 categorías agrupadas en temas observados. Los factores de financiamiento son la principal barrera para las Pymes, pero existen muchas otras; en temas de gestión, características de la organización, cultura y el personal de la empresa. Cabe destacar que dependiendo de la organización algunas estarán presentes y otras no, así como una mezcla de ellas.

Por otra parte las principales motivaciones recaen en el financiero (Ahorro en base a la EE), el cumplimiento de normas y estándares, y la preocupación ambiental (Tabla 3.4).

Finalmente para el cumplimiento de estas mejoras continuas dentro de la empresa es necesario seguir una serie de pasos muy relacionados con el desarrollo y control de proyectos, el cual afirma las 4 etapas fundamentales en todo proyecto; investigación, planificación, implementación, control y monitoreo. A pesar de que sea una parte fundamental en la implementación de medidas energéticas, no se profundizará por el momento en este tema (Jimenez, 2008).

En consecuencia con las diversas opciones de Eficiencia energética y gestión en energética presentes en el mundo, es necesario investigar la situación que se vive actualmente en nuestro país y sus correspondientes esfuerzos por mejorar la situación medioambiental global.

Tabla 3.3: Barreras, encuesta realizada a 43 empresas del sector industrial.

Barreras	Frecuencia	% de encuestados que experimentan barrera	Tema
Costo prohibitivo	14	33 %	Financiero 33 %
A la espera de acceso a los fondos a través de procesos de la organización	2	5 %	Características de la organización 49 %
La falta de tiempo / compromisos del personal en otras áreas	9	21 %	
A la espera de la oficina central para conducir y cambios de fondos	1	2 %	
La intención de vender el negocio	3	7 %	
Poco incentivo de la empresa debido a factores ambientales	5	12 %	
Cambio en la gestión	1	2 %	
Local Arrendado (No se puede controlar temperatura ambiente)	1	2 %	
Local Arrendado (No se puede obtener información de energía utilizada)	7	16 %	
Falta de personal responsable y calificado	8	19 %	
Falta de compromiso del personal o actitud negativa	15	35 %	Personal 35 %
Total	66		

Fuente: [Meath et al. \(2015\)](#)

Tabla 3.4: Factores de motivación, encuesta realizada a 108 empresas del sector industrial.

Factores de Motivación	Frecuencia	% de encuestados que experimentan factor	Tema
Intereses financieros - reducir los costos de energía, potenciales o convertirse Socio ecoBiz	96	89 %	Financiero 98 %
Marketing - obtener ventaja en el mercado mediante la promoción logro en el caracter ambiental	10	9 %	
Cumplir con las normas de calidad ambiental para la industria / NABERS Rating / Plan de Manejo Ambiental	13	12 %	Incentivo de cumplimiento 14 %
Aprender mejores practicas según el tipo de negocio	2	2 %	
Reducir la huella de carbono / emisiones de carbono	5	5 %	Medio Ambiente 13 %
Reducir el impacto sobre el medio ambiente	6	6 %	
Convertirse en una organización más sostenible	2	2 %	
Total	134		

(Fuente: Meath et al. (2015))

3.5. Situación energética actual en Chile

Los incentivos por adoptar un consumo energético eficiente son cada vez mayores al pasar los años, el país se ha comprometido con la disminución en el uso de la energía y la adopción de nuevas tecnologías y fuentes renovables, desarrollando un plan estratégico para la matriz energética presente en el país, que abarca desde la ampliación del sistema eléctrico hasta el desarrollo de energías limpias a partir de fuentes renovables como la energía solar.

Chile ha aumentado su uso energético en 126 % desde 1991 hasta 2013 (Figura 3.1), esto significa un aumento de 11,8 Mtoe (Millones de toneladas equivalentes de petróleo), hasta 26,65 Mtoe. El aumento de consumo eléctrico y fuentes de energía no logra ser sustentado por las actuales fuentes que hoy en día se poseen por lo que la aplicación de GE en distintos sectores es fundamental (Tabla 3.5), llegando en 2012 a depender en 78 %. Ese mismo año, el país contaba con una capacidad eléctrica de 17.000 MW, compuesto en 74 % del Sistema interconectado central (SIC), 25 % del Sistema interconectado del Norte

Grande (SING) y menos de 1 % proveniente de las regiones de Magallanes y Aysén.

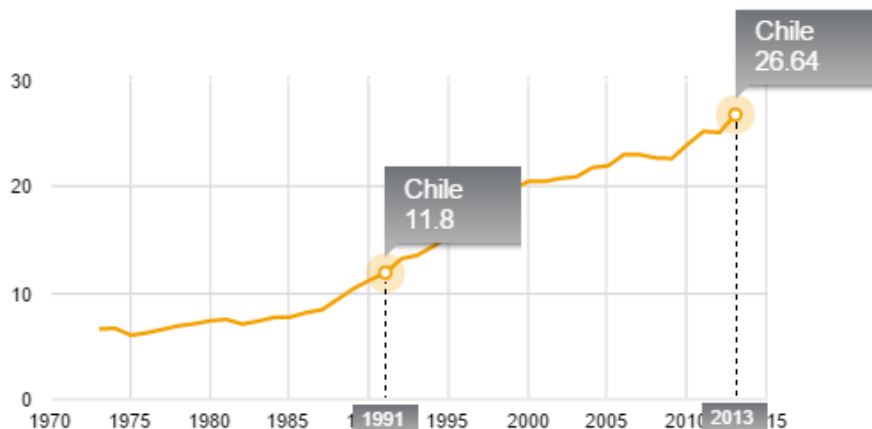


Figura 3.1: Consumo total en Mtoe (Millones de toneladas de petróleo equivalente) para Chile.

(Fuente: [International Energy Agency](#))

Tabla 3.5: Dependencia energética en Chile.

	Oferta Total de energía primaria (Tcal)	Energía importada (Tcal)	Dependencia energética
1991	144.549	76.470	52,9 %
2001	248.172	191.251	77,1 %
2011	339.836	265.207	78,0 %

Fuente: [Ministerio de Energía \(2013\)](#)

En 2011, el consumo final de energía secundaria alcanza los 271.249 Tcal (Toneladas de calorías) que equivale a 27,14 Mtoe, en donde el 37 % corresponde al sector industrial y minería (Figura 3.2). Los principales consumos de energéticos de este sector son los siguientes: derivados del petróleo (39 %), electricidad (33 %), leña y derivados (17 %) y gas natural (4 %).

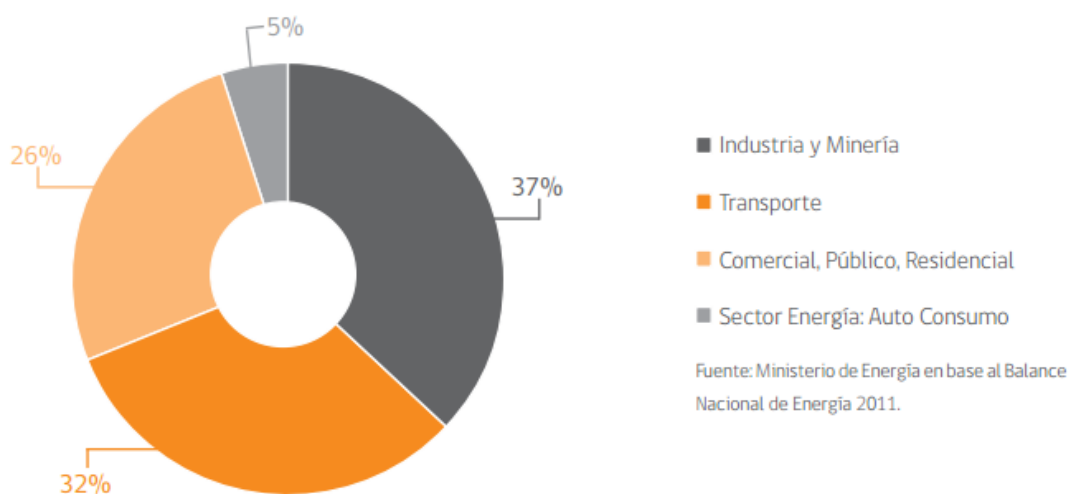


Figura 3.2: Distribución del consumo energético por sectores.

Fuente: [Ministerio de Energía \(2013\)](#)

A nivel nacional, el grupo de energéticos que más se consume corresponde a los derivados del petróleo, que representa el 54 % del consumo final secundario. La característica más importante de este energético es que prácticamente la totalidad de los derivados debe ser importada o son producto de la refinación de petróleo crudo, cuya importación alcanza al 96,5 %.

En el ámbito de eficiencia energética el año 2010 se crea el Ministerio de Energía, encargado de proponer las políticas públicas de EE a nivel de Gobierno. Además, el Programa País de Eficiencia Energética da paso a la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE), fundación de derecho privado, sin fines de lucro, cuya misión es promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía en el país y ser el brazo ejecutor de las políticas públicas. Estas dos instituciones trabajan de forma conjunta para la aplicación de Eficiencia energética en el país. Referente al tema, se ha desarrollado el Plan de acción

Tabla 3.6: Clasificación Empresas según SII

Tipo de Empresa	Nivel de Ventas Anuales (UF)
Pequeña	2.400 – 25.000
Mediana	25.001 – 100.000

Fuente: [Impuestos \(2015\)](#)**Tabla 3.7:** Clasificación Empresas según SOFOFA

Tipo de Empresa	Número de Trabajadores
Pequeña	10 – 49
Mediana	50 – 199

Fuente: [SOFOFA \(2005\)](#)

de eficiencia energética 2020 (PAEE20), que busca principalmente disminuir el consumo energético en 12 % para ese año en base al 2010. La implementación de esta medida estima aumentar la capacidad productiva a la vez que se disminuyen los niveles de CO₂ emitidos. El sector industrial proyecta disminuir aproximadamente un 39 % su consumo final correspondiente a 16.900 Tcal o lo que es equivalente a 1,7 Mtoe.

Una de las principales medidas a implementar es la aplicación de la norma ISO 50.001, promover y fomentar la cogeneración, fomento a asistencia técnica de proyectos y la incorporación de tecnologías eficientes.

De acuerdo a lo establecido por el Servicio de Impuestos Internos (SII), las pequeñas y medianas empresas se clasifican de acuerdo al criterio de sus ventas anuales expresadas en unidades de fomento(UF) (Tabla 3.6).

No obstante la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) también posee una clasificación de Pequeña y Mediana Empresa de acuerdo al número de trabajadores empleados en ella (Tabla 3.7).

Entregar herramientas para el desarrollo de medianas y pequeñas empresas, es fundamental en el crecimiento global del país. Respecto a temáticas de gestión de la energía al interior de la PYME son escasas, debido a que existen gran cantidad de empresas que son de administración familiar y sólo están enfocadas en la producción y generar utilidades en el corto plazo, por lo que la energía se visualiza como un simple gasto al final de un

periodo que es necesario pagar, pero no se visualiza como un ítem a gestionar.

Con respecto a la ISO 50.001 en Pymes, la frecuencia en su aplicación es bastante reducido, principalmente a la desinformación, el costo asociado a la implementación y certificación, la duración y capital humano necesario para su implementación y control, además de no existir garantía sobre beneficios directos en su implementación.

Un análisis realizado por CAT (Climate Action Tracker ¹) a las políticas que ha adoptado Chile tanto para su matriz energética, como la eficiencia energética, tienen un carácter de “inadecuado” frente a la búsqueda de mantener el calentamiento global en 2°C para 2030. Esta calificación es atribuida específicamente a que los objetivos propuestos; En primer lugar, una reducción para 2030 del 30 % en la intensidad de las emisiones por unidad del PIB con respecto a 2007, lo cual es equivalente a un incremento de 222 % respecto a 1990 o 75 % respecto a 2010 en los niveles de emisiones. En segundo lugar -condicionado a apoyo financiero internacional- es una reducción para 2030 de 35-45 % en la intensidad de las emisiones por unidad del PIB con respecto a 2007, lo cual es equivalente a un incremento de 154-198 % respecto a 1990 o 38-62 % respecto a 2010 en los niveles de emisiones ([Climate Action Tracker, 2015](#)). Con las políticas implementadas a la fecha, Chile está en camino al cumplimiento de sus aspiraciones incondicionales de mitigación. Sin embargo, el país necesita implementar políticas adicionales para cumplir con su objetivo para 2020 y sus objetivos condicionales para 2030. En general es posible apreciar la cantidad de normativas han ido en aumento con el pasar de los años en busca de mejores formas de administrar la energía en la industria.

¹ The Climate Action Tracker (CAT) is an independent scientific analysis produced by four research organisations tracking climate action and global efforts towards the globally agreed aim of holding warming below 2°C, since 2009. The CAT Consortium: Climate Analytics; Ecofys; NewClimate Institute; Potsdam Institute for Climate Impact Research

3.6. Eficiencia energética en el mundo

Es necesario tener un conocimiento de la energía primaria, correspondiente a la adquirida antes de cualquier tipo de transformación. Dentro de ellas se encuentra el petróleo crudo, el carbón o la energía solar. Estas energías son transformadas para poder ser utilizadas en el día a día, en forma de electricidad, bencina, diésel, entre otras. En base a los estudios realizados, es posible observar un aumento en el consumo de energía primaria a nivel global cercano a 100 % (Figura 3.3), adicionalmente es posible apreciar como la composición de este consumo se centra principalmente en fuentes no renovables o limitadas como lo son petróleo, gas natural y carbón (Figura 3.4).

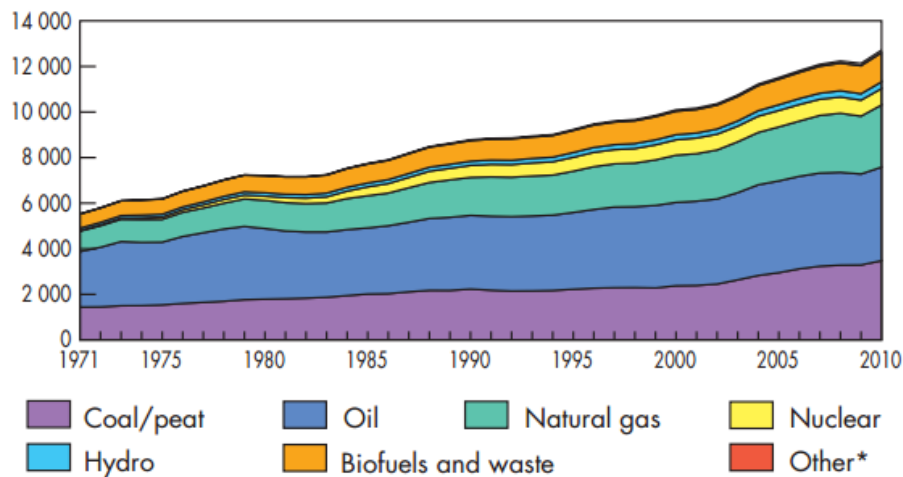


Figura 3.3: Evolución del uso de energías primarias en el Mundo en [Mtep]

Fuente: [Energy \(2012\)](#)

El mundo sigue siendo dominado por el uso de los combustibles fósiles. Entre las energías renovables solo la biomasa y la hidráulica tienen una contribución notable al poder producir calor y electricidad correspondientemente. Las Emisiones debido estos consumos elevados de energía son el principal análisis a considerar en busca de mejorar el medio ambiente que nos rodea.

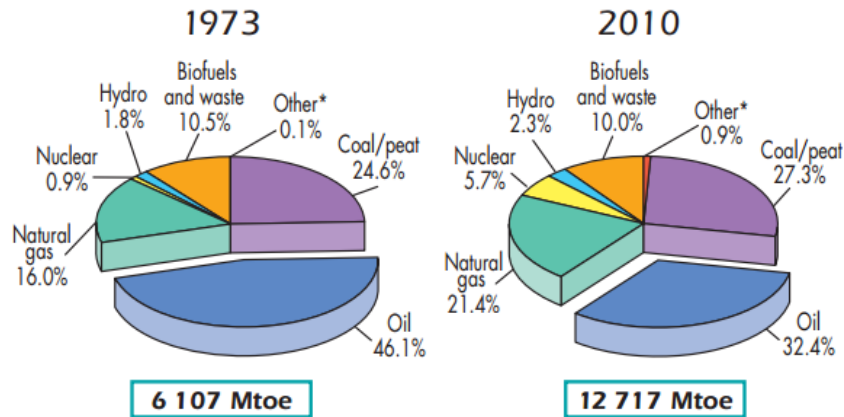


Figura 3.4: Comparación entre la composición del uso de energía primaria 1973-2010 en [Mtep].

Fuente: [Energy \(2012\)](#)

3.7. Emisiones Energéticas en el Mundo

La preocupación por el medio ambiente es fundamental en vista de un creciente nivel de calentamiento global, hoy en día la tierra ha elevado su temperatura y las repercusiones se hacen notar en la naturaleza. Los deshielos y cambios climáticos se intensifican afectando todos los ecosistemas. El aumento de las emisiones de CO_2 , en conjunto con CH_4 y N_2O , estas últimas afectando 30 y 265 veces más respectivamente que el CO_2 contribuyen como contaminación a partir de los distintos usos de la energía. Los combustibles fósiles aún representan el 80 % de energía primaria demandada y contribuyen al 90 % del CO_2 emitido mediante combustión (Figura 3.5).

Las emisiones han aumentado un 50 % las últimas dos décadas, un aumento realmente considerable para llamar a una alerta mundial, aunque poco a poco medidas como el protocolo de Kioto ha favorecido el porvenir, se debe tomar con mayor fuerza la importancia de la Eficiencia energética y su aplicación ([IEA, 2015](#))

A partir de la COP21/París 2015 (Conferencia de Naciones unidas sobre el cambio climático) se presentan fuertes desafíos para la eficiencia energética y sus alcances de la fecha al 2030. El principal objetivo es no sobrepasar el aumento de $2^\circ C$ con respecto a los índices preindustriales (1850), esto se basa en el principio de las 3R; Reducir, Reutilizar y Reciclar.

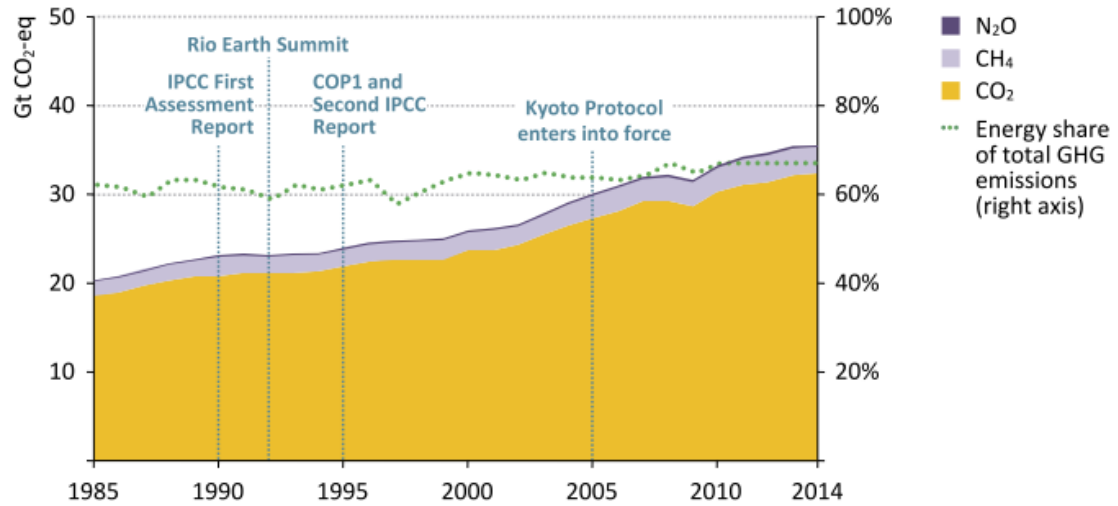


Figura 3.5: Emisiones globales antropogénicas relacionadas con la energía de gases de efecto invernadero.

Fuente: [World Energy Council WEC \(2014\)](#)

La INDCs (Intended Nationally Determined Contributions) presenta un escenario en donde aumentarán aproximadamente un 6 % (un aumento de 2,5 Gt CO₂ eq) las emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) hacia 2030 y se compara con un escenario propuesto en son de la eficiencia energética y la implementación de medidas de forma inmediata (Figura 3.6). El gráfico presenta la posible disminución de emisiones gracias a; eficiencia energética un 49 % (incluyendo reducir directamente desde la demanda de combustibles fósiles e indirectamente por una menor demanda eléctrica), una reforma a los subsidios de combustibles fósiles (10 %), investigaciones de energías renovables (17 %), la reducción de ineficiencia del carbón (9 %) y la reducción de metano (15 %). En consecuencia un nuevo sector para la preocupación de estos escenarios recae en el principal impulsor de trabajo en distintos paices del mundo, las Pymes.

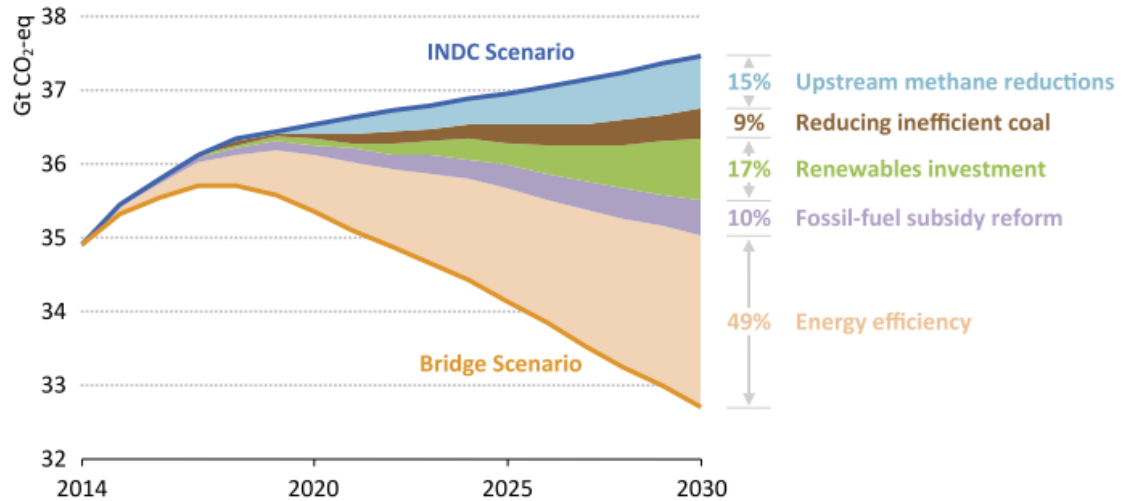


Figura 3.6: La reducción global de emisiones de GEI relacionadas con la energía por distintas medidas de políticas energéticas en el escenario actual (Bridge) con respecto al escenario de la INDC.

Fuente: [World Energy Council WEC \(2014\)](#)

3.8. Normas de eficiencia energética

A partir de los crecientes usos energéticos alrededor del mundo desde la década de los 80, se fueron creando normas específicas para su correcta utilización y optimización. En síntesis a continuación se exponen las principales normativas existentes y vigentes ([ABB Ltd, 2012](#)) expresadas en la Tabla 3.8.

Las normas presentadas contienen los pasos a seguir para la implementación de programas de eficiencia energética (PGE). Las normas presentan muchas similitudes entre ellas, variando en alcances y actividades específicas durante la implementación. Para la implementación de cualquier programa de eficiencia energética son necesarias diferentes herramientas comúnmente llamadas KPI, se observan variadas en diferentes aspectos pero gran parte reside en la gestión de la calidad total, econometría y financiero.

Tabla 3.8: Tabla que presenta diferentes Normas vigentes en el mundo.

IEC (International Electrotechnical Commission)	2007/2008	IEC 60034-2-1:2007 - IEC 60034-30:2008
Australia/Nueva Zelanda	2001/2002	AS/NZS 1359.5:2004
Brasil / PBE Brazilian Labeling Program	2009	NBR 17094-1
China / China Energy Label	2008/2011	GB25958-2010 - GB18613- 2012
EU /Unión Europea	2009	EC 640/2009 - IEC 60034-30
MEPS Turca	2012	SMG-2012/2
Canadá / Energy Efficiency Act	2012	EEA C390-10
Corea / MEPS Coreana	2008	IEC 60034-30
EEUU / EISA2007	2007/2010	NEMA-MG-1
México / Mexican MEPS	2010	NOM-016-ENER-2010
Internacional	2011	ISO 50.001:2011

Fuente [ABB Ltd \(2012\)](#)

3.9. Implementación de herramientas de administración, calidad y diversos factores en un programa de eficiencia energética

La gestión de calidad total (TQM, Total Quality Management), consiste en el concepto de “Calidad Total” a sistemas de gestión dentro de la firma, enfocándose en integrar este concepto en todos los procesos dentro de la organización. Se busca conseguir el nivel máximo de eficiencia y flexibilidad en objetivos de corto y mediano plazo enfocados en la satisfacción del cliente.

Adicionalmente se utiliza la filosofía PDCA (mejora continua) consiguiendo optimizar todas las áreas e introduciendo herramientas que mejoren la calidad total de la empresa, también conocido como “Kaizen”, la mejora continua se enfoca en los distintos clientes “internos y externos” en donde se clasifican los distintos stakeholders. Como ejemplo es posible definir un cliente interno como un trabajador dentro de la organización y un cliente externo el comprador de un servicio como un vuelo de avión.

Algunas herramientas de la calidad total se centran en técnicas tanto cualitativas como cuantitativas, dentro de ellas se pueden observar hojas de verificación, diagramas de

dispersión (econometría), diagramas causa – efecto, graficos de Pareto, diagramas de flujo, histogramas, control estadísticos de procesos. A pesar de que la mayor parte de estas herramientas son utilizadas en el análisis de detección de fallas, es posible utilizarlas en distintos ámbitos.

En el ámbito de un PGE (Programa de gestión energética) las herramientas antes descritas presentan importantes indicadores que guiarán el estudio, que variables considerar, a cuales prestarles más atención, entre otras aplicaciones, para la toma de decisiones en el corto, mediano y largo plazo.

3.9.1. Hojas de Verificación ([Render y Heizer, 2009](#))

Específicamente un método organizado de registro de datos, en donde comúnmente los patrones utilizados son fácilmente identificables durante la toma de datos (Figura 3.7). Las hojas de verificación ayudan a la identificación de hechos o patrones que puedan interferir con el buen y correcto funcionamiento de los procesos productivos.

	Hora							
Defecto	1	2	3	4	5	6	7	8
A	///	/		/	/	/	///	/
B	//	/	/	/			//	///
C	/	//					//	///

Figura 3.7: Hoja de verificación: método organizado para registrar datos.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

3.9.2. Diagramas de dispersión ([Gujarati y Porter, 2006](#))

En los diagramas de dispersión se presenta la relación que existe entre dos variables. Esta dispersión puede ser de distintas formas, un relación positiva representa la correspondencia directa entre las variables, en caso opuesto una dispersión negativa presentará una relación inversamente proporcional entre las variables. Las curvas de dispersión pueden tomar valor

de funciones y expresarse en distintas formas matemáticas para su interpretación (Figura 3.8).

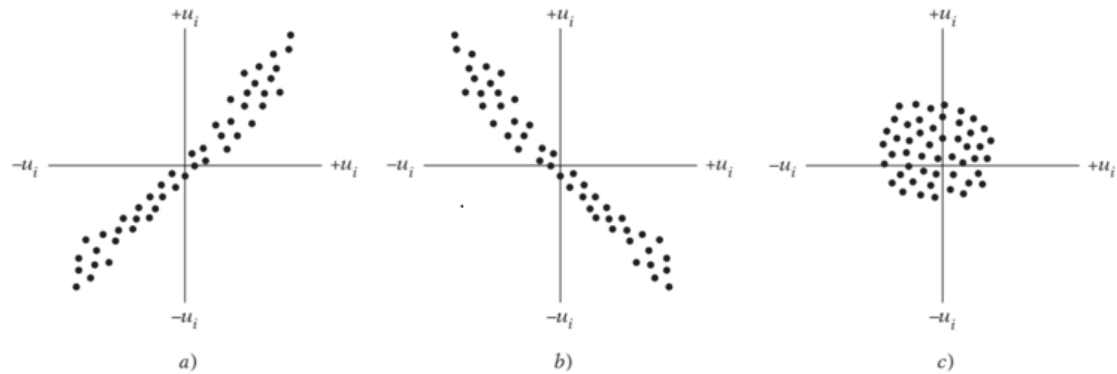


Figura 3.8: Diagramas de dispersión, donde a) Correlación positiva, b) Correlación negativa y c) Correlación cero

Fuente: [Gujarati y Porter \(2006\)](#)

3.9.3. Diagramas de causa y efecto ([Render y Heizer, 2009](#))

Otra herramienta de gran utilidad es el diagrama de causa – efecto también llamado “diagrama Ishikawa” o diagrama de espina de pescado, en donde se presentan de forma clara todas los posibles procesos relacionados con un problema específico (Figura 3.9). El diagrama se forma a partir de cuatro categorías: mano de obra, maquinaria y equipo, material y métodos. Estas cuatro M son las “causas” y representan una buena lista de verificación para un análisis inicial.

3.9.4. Gráficas de Pareto ([Render y Heizer, 2009](#))

Las gráficas de Pareto sirven para organizar errores, problemas o defectos, con énfasis en enfocar los recursos para encontrar la solución de problemas. Tienen como base el trabajo de Vilfredo Pareto, un economista del siglo XIX. Joseph M. Juran popularizó el trabajo de Pareto cuando sugirió que el 80 % de los problemas de una empresa son resultado de sólo un 20 % de causas (Figura 3.10). Para su implementación se grafican las causas de problemas como porcentajes del total en función de su frecuencia y porcentaje acumulado.

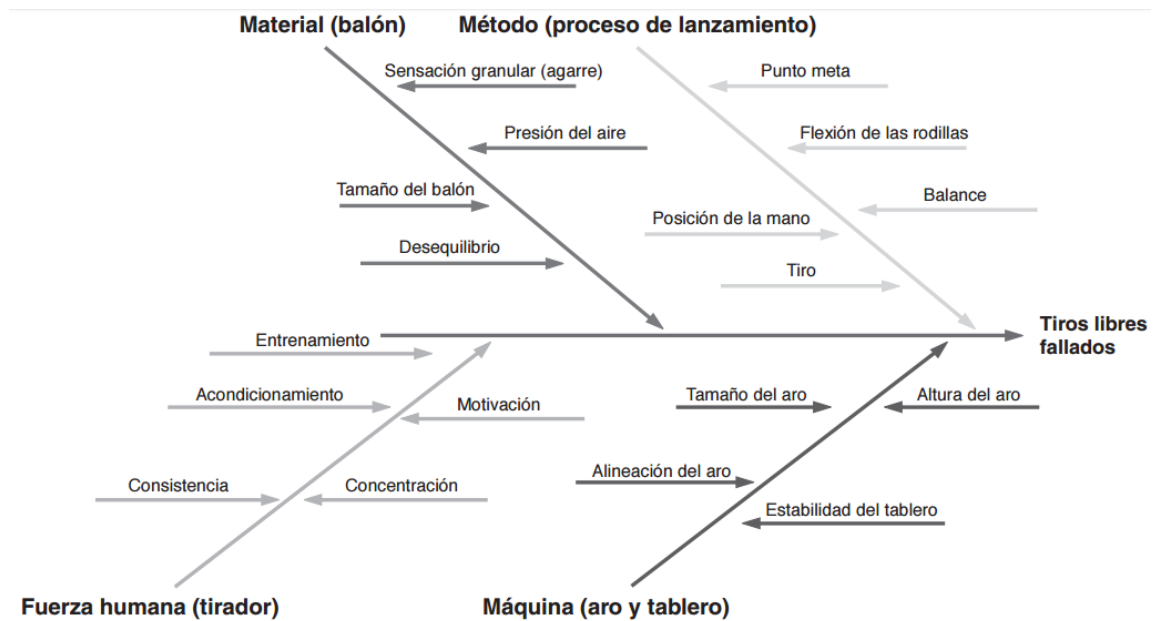


Figura 3.9: Diagramas de espina de pescado (o causa y efecto) para problemas con tiros libres fallados.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

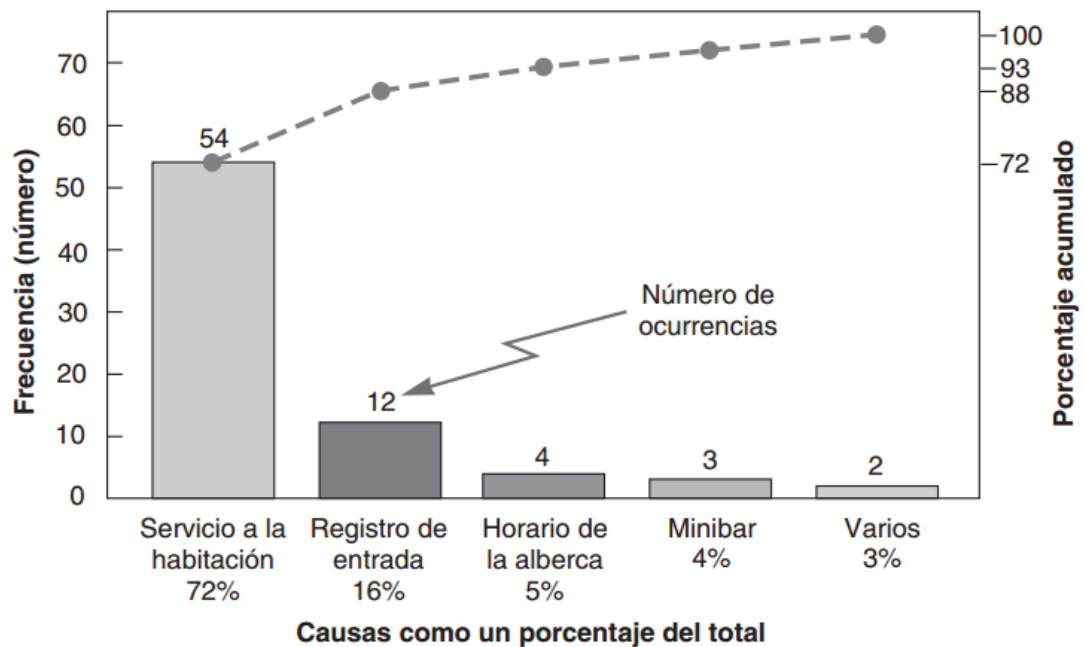


Figura 3.10: Gráfica de Pareto sobre las quejas en un Hotel.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

3.9.5. Diagramas de flujo

Los diagramas de flujo presentan gráficamente un proceso o sistema utilizando cuadros y líneas interconectadas (Figura 3.11). Los diagramas de flujo son utilizados en distintos ámbitos de la ingeniería en busca de explicar un proceso, así como también en la gestión de tiempos implementado al desarrollo de proyectos.

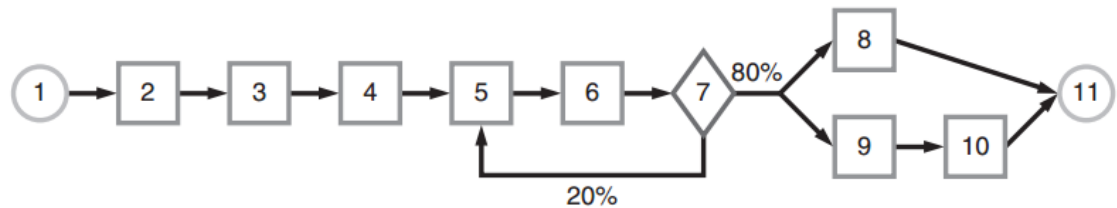


Figura 3.11: Ejemplo de diagrama de flujo para un proceso de atención de cliente en donde en el paso 7, 20 % de las veces se necesita información adicional del cliente, hasta completar su pedido.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

3.9.6. Histogramas

Los histogramas presentan la frecuencia en que ocurre cada valor o intervalos de valores de una medida (Figura 3.12). Muestran las lecturas que ocurren con mayor frecuencia, así como las variaciones en las medidas. Es posible calcular estadísticas descriptivas, como las desviaciones promedio y estándar, para describir una distribución. Sin embargo, los datos siempre deben graficarse de manera que se pueda “ver” la forma de la distribución. La presentación visual de la distribución también proporciona ideas sobre la causa de la variación.

3.9.7. Control Estadístico de Procesos (SPC)

EL SPC (Statistical Process Control; control estadístico del proceso) permite monitorear estándares, tomar medidas y realizar acciones correctivas al proceso de producción de un producto. Se basa en el análisis de muestras, los cuales son contrastados con los límites preestablecidos, de forma que si son aceptables, el proceso continúa, de no ser así se busca la causa agravante y se remueve.

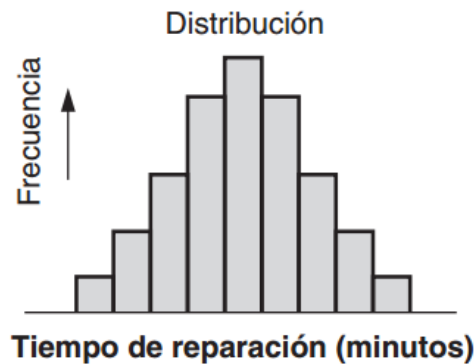


Figura 3.12: Histograma de frecuencia de ocurrencia respecto al tiempo de reparación.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

En la gráfica de control se presentan los correspondientes límites superiores e inferiores de un proceso específico que se desee controlar. Las gráficas de control están construidas de tal forma que permiten la rápida comparación de los nuevos datos con la información del desempeño anterior. Tomamos muestras de la salida del proceso y graficamos el promedio de estas muestras en una gráfica con límites (Figura 3.13). Adicionalmente se debe prestar cuidado a cualquier tipo de tendencia o estacionalidad que pueda presentarse en gráfico.

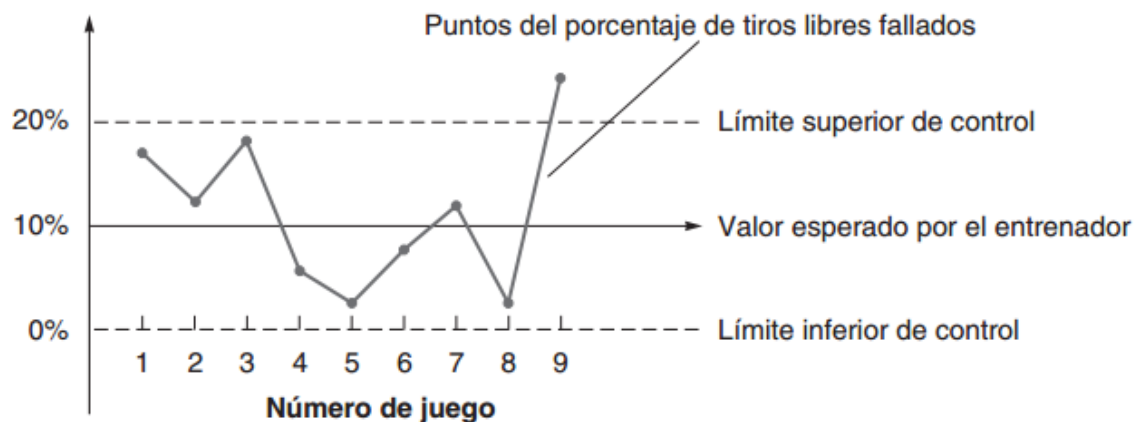


Figura 3.13: Gráfica de control para calcular el porcentaje de tiros fallados en nueve juegos.

Fuente: [Render y Heizer \(2009\)](#)

3.9.8. Indicadores de Gestión

Con el fin de enmarcar el tema de indicadores de gestión, es importante nombrar la conceptualización existente acerca de la evaluación de la gestión, al respecto el Comité de Gerencia Pública (PUMA) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), de acuerdo a varios estudios realizados en países miembros de dicha organización, la define como:

“Medición sistemática y continua en el tiempo, de los resultados obtenidos por las instituciones públicas y la comparación de dichos resultados con aquellos deseados o planeados, con miras a mejorar los estándares de desempeño de la institución ” Bonnefoy y Armijo (2005).

En otras palabras los indicadores de gestión se utilizan para conocer el grado de desempeño de la institución según los parámetros que se le designen. La evaluación se puede ver desde diferentes ámbitos:

- Según el objetivo de evaluación
 - Evaluación externa desarrollada por personal independiente a la entidad.
 - Evaluación interna desarrollada por la propia entidad como instrumento de apoyo a la toma de decisiones.
- Según la etapa de intervención
 - Evaluación ex-ante: se realiza previamente a la implantación de un proyecto, en la cual se encuentran los estudios de diseño de programas, estudios de preinversión, etc.
 - Evaluación de procesos: se realiza durante la inspección y tiene que ver con el uso de los recursos para el cumplimiento de los objetivos, el ajuste a la programación de la generación de los productos, entre otros aspectos.

- Evaluación ex post: se realiza una vez finalizada la intervención o la gestión de un determinado período, e involucra el análisis y pronunciamiento de los resultados inmediatos, intermedios e impactos o resultados finales.

La aplicación de los indicadores de gestión se observa en los KPI (Key performance indicators), indicadores claves de desempeño, necesarios para el monitoreo y control de procesos dentro de la organización. Estos indicadores deben ser específicos, medibles, alcanzables, realistas y a tiempo (SMART).

Los criterios de evaluación económicos utilizados para proyectos de inversión son los siguientes:

- VAN:

El Valor Actual Neto mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la Inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos los flujos de caja, proyectados a partir del primer período de operación, le resta la inversión total expresada en el momento cero. Si el resultado es mayor a cero, mostrará cuánto se gana con el proyecto. Si el resultado es cero, el proyecto reporta exactamente la tasa de interés que se exigía; y si el resultado es negativo, muestra el monto que le falta para ganar la tasa que le faltaba obtener después de recuperada la inversión ([Sapag y Sapag, 2008](#)).

Fórmula Valor Actual Neto

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(k+1)^t} - I_0 \quad (3.1)$$

Donde k corresponde a la tasa de descuento, I_0 como inversión inicial

Fuente: [Sapag y Sapag \(2008\)](#)

- TIR:

La Tasa Interna de Retorno es un segundo criterio que para evaluar económicamente una inversión. Este método mide la rentabilidad en porcentaje de dicha inversión. La tasa máxima exigible será aquella que haga que el VAN sea cero. Si la TIR es mayor a la tasa de descuento evaluada en el proyecto, al realizar la inversión se

obtendrá rentabilidad. En caso contrario, si es menor, el proyecto no es recomendable realizar la inversión (Sapag y Sapag, 2008).

Fórmula Valor Actual Neto

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(TIR + 1)^t} - I_0 \quad (3.2)$$

Fuente: Sapag y Sapag (2008)

■ Payback y Payback actualizado

Período de Recuperación de la Inversión donde el criterio de evaluación mide en cuánto tiempo se recupera la inversión, incluyendo el costo de capital (Inversión) involucrado, para el caso de Payback actualizado se toma en consideración la pérdida de valor del dinero (Sapag y Sapag, 2008).

3.10. Base de datos

Toda la información que es requerida para desarrollar un programa de eficiencia energética se debe recolectar y almacenar para su correcto uso, es por esto que para la implementación y desarrollo de una herramienta computacional es necesario el conocimiento relacionado a la gestión de información y datos. Para esto se ahondará en Sistemas de Bases de Datos.

3.10.1. El problema de los datos

Toda empresa requiere información y esta se obtiene a partir de simples elementos informativos que se conocen como datos (data en Inglés). Es posible construir datos a partir de todo y de todo tipo, dependiendo de cómo se decida encasillarlo. De esta forma un simple elemento informativo como nombre, dirección, producción, etc... corresponde a un dato.

La solución a estos inconvenientes de los datos es lograr que todas las aplicaciones utilicen los mismos datos. Para esto se requiere que los datos deban estar mucho más

protegidos y controlados.

Además los datos forman una estructura física y funcional que es lo que se conoce como base de datos.

La forma en que se almacén datos ha variando al pasar el tiempo, siendo muy común en la actualidad su almacenamiento de forma digital, en hojas de cálculo o archivos de texto.

El principal problema de la información digital se centra en la duplicación de datos que se genera en distintas áreas de cada empresa, provocando inconsistencias en la información o problemas de organización para el posterior procesamiento y análisis para la generación de información relevante para la toma de decisiones o/de los altos mandos dentro de la organización.

Además, las empresas requieren utilizar aplicaciones informáticas para realizar tareas propias de la empresa a fin de mecanizarlas. Para el correcto funcionamiento de estas aplicaciones se necesita disponer de todos los datos de la empresa y de esta forma llegar al mejor análisis y decisión. Asimismo lograr que exista coordinación entre las áreas.

Los problemas que se generan al tener una mala organización de los datos, sin un consistente sistema unificado recaen en lo siguiente:

- Coste de almacenamiento elevado.
- Datos redundantes (se repiten continuamente).
- Probabilidad alta de inconsistencia en los datos.
- Difícil modificación en los datos y facilidad de problemas de inconsistencia al realizar esas modificaciones (ya que es difícil que esa modificación afecte a todos los datos).

De esta forma una base de datos es una serie de datos relacionados que forman una estructura lógica, es decir una estructura reconocible desde un programa informático. Esa estructura no sólo contiene los datos en sí, sino la forma en la que se relacionan. Las bases de datos son utilizadas para el manejo de datos e información fuertemente desde los años 80-90.

3.10.2. Sistema de Base de Datos

Un sistema o base de datos sirve para integrar los datos. Es compuesto por los siguientes elementos([Sánchez, 2013](#)):

- Hardware: Maquinas físicas en las que se almacenan las bases de datos que incluyen unidades de almacenamiento masivo para este fin.
- Software: Sistema gestor de bases de datos encargado de la administración de éstas, se encuentran de variados tipos comúnmente llamados solución ERP del inglés Enterprise Resource Planning.
- Datos: Referente a los datos que se necesitan almacenar y los metadatos que son datos que sirven para describir lo que se almacena en la base de datos.
- Usuarios: Personas que manipulan y manejan los datos del sistema. Estos se dividen en tres categorías:
 - Usuarios Finales: Utilizan los datos de la base de datos para el uso cotidiano, no tienen influencia en la informática detrás de su programación y administración, sino solo su utilización a través de aplicaciones y software a fin de facilitar la manipulación de los datos. Solo poseen acceso a ciertos datos.
 - Desarrolladores: Analistas y programadores encargados de generar aplicaciones para usuarios finales.
 - Administradores: Llamados DBA (Data Base Administrator), se encargan de gestionar las bases de datos.

3.10.3. Estructura de una base de datos

Las bases de datos están compuestas de datos y metadatos. Los metadatos son datos (como ya se han comentado), que sirven para especificar la estructura de la base de datos; por ejemplo, qué tipo de datos se almacenan (si son texto o números o fechas, etc.), qué nombre se le da a cada dato (nombre, apellidos, etc.), cómo están agrupados, cómo se relacionan. De este modo se producen dos visiones de la base de datos ([Sánchez, 2004a](#)):

- **Estructura Lógica:** Indica la composición y distribución teórica de la base de datos. Esta sirve para que aplicaciones utilicen los elementos de la base de datos sin saber realmente como se están almacenando. Los elementos de la base de datos son objetos, entidades, nodos, relaciones y enlaces que no tienen una presencia real física en el sistema. Por ello debe existir la posibilidad de traducir la estructura lógica en física.
- **Estructura Física:** Estructura de los datos tal cual se almacenan en las unidades de disco. Los metadatos son la correspondencia entre la estructura lógica y física de la base de datos.

3.10.4. Ventajas y Desventajas de las bases de datos

Dentro de las ventajas adquiridas a utilizar bases de datos podemos encontrar:

- **Independencia de los datos, programas y procesos:** Esto permite modificar los datos sin modificar el código de las aplicaciones.
- **Menor Redundancia:** No hace falta la repetición de datos.
- **Integridad de los datos:** Mayor dificultad de perder los datos o realizar acciones incoherentes con ellos.
- **Mayor seguridad:** Acceso limitado para ciertos usuarios.
- **Datos más documentados:** Los metadatos permiten describir la información de la base de datos.
- **Acceso más eficiente a los datos:** La organización de los datos produce un resultado más óptimo en rendimiento.
- **Menor espacio de Almacenamiento:** Esto debido a una mejor estructura de los datos.

De igual forma las desventajas que se aprecian:

- **Instalación costosa:** El control y administración de bases de datos requiere de un software y hardware poderoso.

- Requiere personal cualificado: Debido a la dificultad de manejo de este tipo de sistemas.
- Implantación larga y difícil: Debido a los puntos anteriores, se dificulta la adaptación del personal y lleva bastante tiempo.

3.10.5. Sistema gestor de bases de datos

Un sistema gestor de bases de datos o DBMS, procedentes del inglés “*Data Base Management System*”, es el software que permite a los usuarios procesar, describir, administrar y recuperar los datos almacenados en una base de datos ([Sánchez, 2013](#)).

Sus principales funciones recaen en descripción, manipulación y control.

- Función de descripción: Sirve para describir los datos, sus relaciones y sus condiciones de acceso e integridad se incluye las vistas de usuarios y la especificación de las características físicas de la base de datos. Para poder realizar todas estas operaciones se utiliza un lenguaje de definición de datos o DDL.
- Función de manipulación: Permite buscar, añadir, suprimir y modificar datos de la base de datos.
- Función de control: Incorpora las funciones que permiten una buena comunicación con la base de datos.

3.10.6. Niveles ANSI/SPARC

Las bases de datos se pueden observar de diferentes formas, cada programa o aplicación que accede a la base de datos manipula sólo ciertos datos y estructuras. Así cada programa posee una visión de la base de datos. La unión de todos los datos y sus relaciones forman el llamado Esquema Conceptual. Mientras que el esquema físico representa el almacenamiento de los datos y sus formas de acceso ([Sánchez, 2013](#)).

El DBMS es el encargado de realizar las traducciones para pasar del esquema conceptual al físico. Desde la ANSI, Instituto de estándares americano, se creó una sección llamada

SPARC dedicada a estándares de sistemas de información. Propusieron tres niveles de abstracción en las bases de datos, es posible apreciarlos en la Figura 3.14

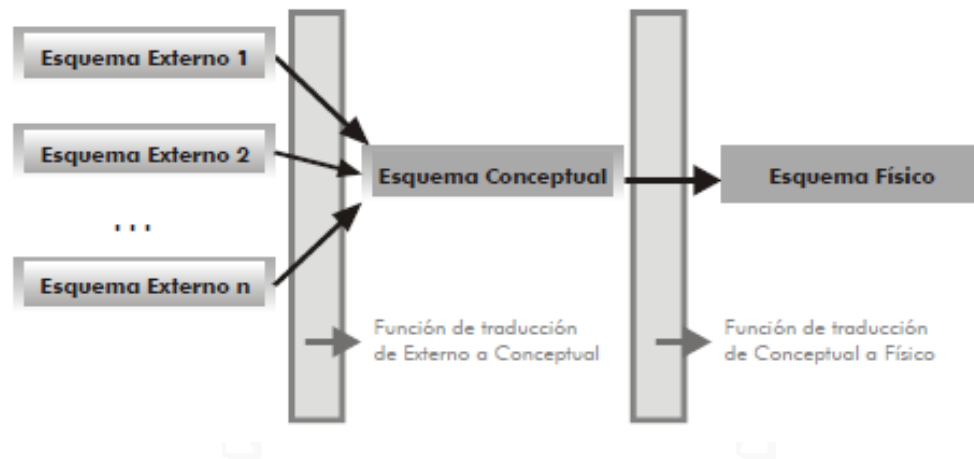


Figura 3.14: Niveles ANSI/SPARC.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#)

- Esquema externo: Visión de la base de datos que ofrece cada aplicación distinta para cada una de ellas. Representan vistas concretas de la base de datos.
- Esquema conceptual: Representación teórica de los datos y sus relaciones (representación lógica de la base de datos).
- Esquema físico: Representan los datos según su almacenamiento físico en discos.

3.10.7. Independencia lógico/física

El esquema conceptual debe ser independiente de su ambiente físico, lo que se traduce en ([Sánchez, 2004a](#)):

- Independencia física de los datos: Esta independencia hace alusión a que aunque el esquema físico cambie, el esquema conceptual no debe verse afectado. En otras palabras aunque cambie el sistema operativo, o el hardware el esquema conceptual permanecerá invariable.

- Independencia lógica de los datos: Significa que aunque se modifique el esquema conceptual, la vista que poseen las aplicaciones (los esquemas externos) no serán afectados.

3.10.8. Modelo de datos

El modelado de datos se utiliza en todo tipo de ciencias y su finalidad es sintetizar una parte del mundo real de forma que sea más fácilmente manipulable. En otras palabras es un esquema conceptual en el que se intentan reproducir las características de una realidad específica (Sánchez, 2013).

En el caso de los modelos de datos, lo que se intenta reproducir es información real que deseamos almacenar en un sistema informático. Por otro lado, esquema se denomina a una descripción específica en términos de modelos de datos, es así como los datos representados por el esquema forman la base de datos.

3.11. Clasificación de los modelos de datos

A partir de la Figura 3.15 es posible apreciar los distintos esquemas que llevan desde el mundo real a la base de datos física. Como se aprecia, aparecen varios esquemas intermedios, encontrando desde la izquierda un degrade alejándose de las características físicas. Los elementos que aparecen en la figura son (Sánchez, 2004a):

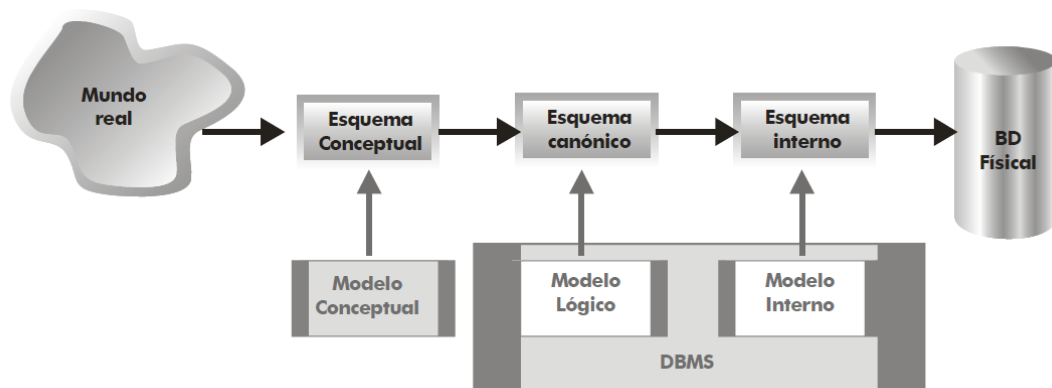


Figura 3.15: Clasificación de los Modelos de Datos.

Fuente: Sánchez (2004a)

- Mundo Real: Contiene la información tal cual la percibimos como seres humanos, representando el punto de partida.
- Esquema Conceptual: Representa el modelo de datos de forma independiente del DBMS que se utilizará.
- Esquema canónico (o de base de datos): Representa los datos en un lenguaje más cercano al del ordenador.
- Esquema interno: Representa los datos según el modelo concreto de un sistema gestor de bases de datos.
- Base de datos física: Los datos tan cual son almacenados en disco.

El desarrollo de los esquemas se realiza a partir de los modelos de datos. La transición entre cada esquema se realiza con directrices concretas y definidas las cuales permiten adaptar un esquema hacia otro.

Los dos modelos fundamentales de datos son el conceptual y el lógico. Los dos modelos fundamentales de datos son el conceptual y el lógico. Ambos son conceptuales en el sentido de que convierten parámetros del mundo real en abstracciones que permiten entender los datos sin tener en cuenta la física de los mismos. Las diferencias entre el modelo lógico y el conceptual recaen en:

- El modelo lógico es más cercano al ordenador y la parte física, es el paso entre el informático y el sistema. Este depende de la DBMS particular a utilizar.
- Por otra parte, el modelo conceptual es independiente de la DBMS, es más cercano al usuario.

Algunos ejemplos de modelos conceptuales son:

- Modelo E/R
- Modelo RM/T
- Modelo semántico

Ejemplos del modelo lógico:

- Modelo Relacional.
- Codasyl.
- Jerárquico.

3.11.1. Modelo entidad relación (Modelo Conceptual)

Llamado modelo E/R e incluso EI (Entidad / Interrelación) ideado hacia los años 1976-1977 por Peter Chen ([Sánchez, 2013](#)). Se trata de un modelo que sirve para crear esquemas conceptuales de bases de datos. De hecho es prácticamente un estándar para crear esta tarea. Se basa en los conceptos de entidad, relación y atributos.

Entidad:

La entidad se trata de cualquier objeto u elemento (abstracto o real) acerca del cual se pueda almacenar información en la base de datos (Ejemplo: Pedro, la factura número 38290, el coche de matrícula DP1907, etc...). En específico, una entidad no es una propiedad concreta sino un objeto que puede poseer múltiples atributos o propiedades.

Conjunto de entidades:

Entidades con las mismas propiedades o atributos forman conjuntos de entidades. Como ejemplos podemos apreciar: personas, facturas, coches, etc... En la actualidad se suele llamar entidad a lo que anteriormente se ha definido como conjunto de entidades. De este modo hablaríamos de la entidad PERSONAS. Mientras que cada persona en concreto sería una ocurrencia o un ejemplar de la entidad persona.

Tipos de entidades:

- Regulares: Son las entidades normales que tienen existencia por sí mismas sin depender de otras. Su representación gráfica se aprecia en la Figura 3.16 (a).
- Débiles: Su existencia depende de otras, generando un subconjunto de propiedades. Por ejemplo la entidad Tarea Doméstica solo podrá tener existencia si existe la entidad Hogar. Las entidades débiles se representan según la Figura 3.16 (b).

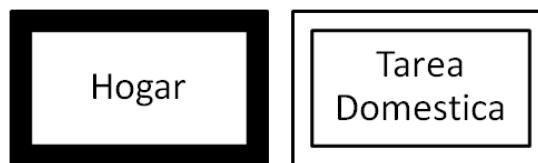


Figura 3.16: (a) Cuadro izquierdo, representa entidad normal, (b) Cuadro derecho, representación entidad débil.

Fuente: Elaboración propia.

Relaciones:

Representan asociaciones entre entidades, son las encargadas de relacionar en sí los datos del modelo. Por ejemplo, en el caso de que tengamos una entidad personas y otra entidad trabajos. Ambas se realizan ya que las personas trabajan y los trabajos son realizados por personas. Su representación gráfica se realiza con un rombo (Figura 3.17 (a)), al cual se le unen líneas provenientes de las entidades. Estas relaciones tienen nombre (comúnmente un verbo) y pueden relacionar más de dos atributos, incluso consigo mismo llamando a esta Relación Reflexiva (Figura 3.17: (b)-(d)).

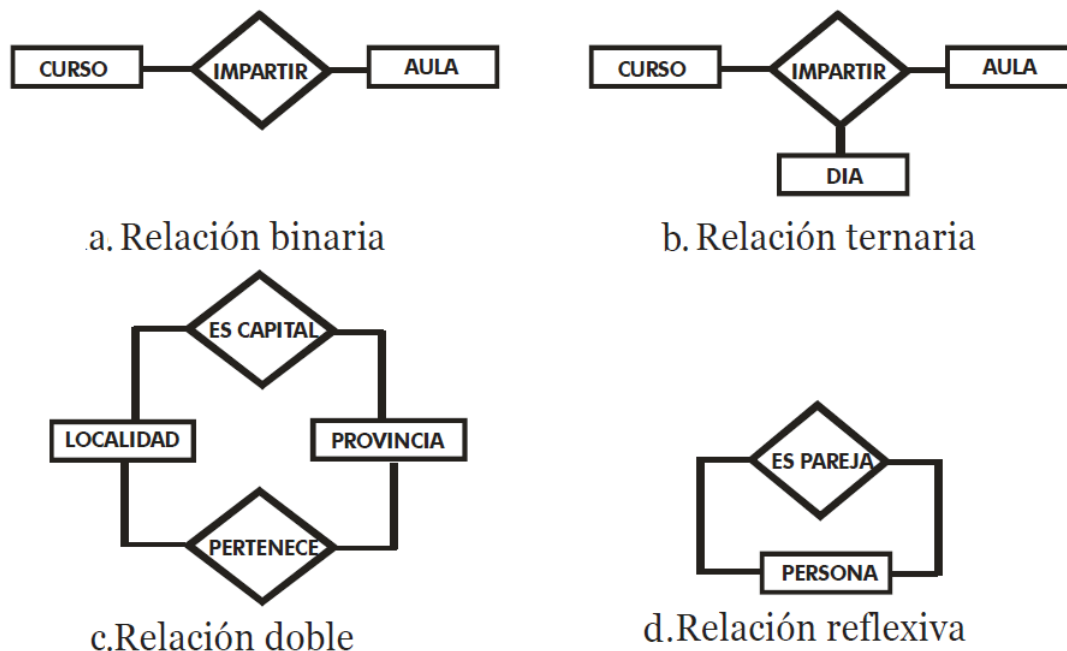


Figura 3.17: Ejemplos de relaciones en el Modelo E/R.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

Cardinalidad:

Indica el número de relaciones en las que la entidad puede aparecer. Se anota en términos de:

- Cardinalidad mínima: Indica el número mínimo de asociaciones en las que aparecerá cada ejemplar de la entidad (el valor corresponde a cero o uno).
- Cardinalidad máxima: Indica el número máximo de relaciones en las que puede aparecer cada ejemplar de la entidad (puede ser uno o muchos)

En los esquemas entidad / relación la cardinalidad se puede indicar de muchas formas. Actualmente una de las más populares se aprecia en la Figura 3.18.

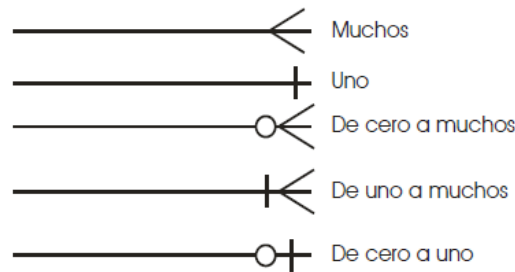


Figura 3.18: Identificación de Cardinalidad en relaciones.

Fuente: Elaboración Propia.

Atributos:

Los atributos describen propiedades de las entidades y las relaciones. En este modelo se representan con un círculo, dentro del cual se coloca el nombre del atributo (ver Figura 3.19). Estos pueden ser compuestos, en otras palabras que se componen de 1 o más atributos. Por ejemplo el atributo "*Fecha*" se compone de los atributos día, mes, año. Pueden ser múltiples, lo significa que pueden tomar varios valores. Una entidad cliente puede contener múltiples atributos teléfono (por ejemplo teléfono fijo, teléfono celular). O pueden ser opcionales, lo que significa que pueden tomar un valor nulo.

Identificador:

Se trata de uno o más campos cuyos valores son únicos en cada ejemplar de una entidad. Se indican subrayando el nombre del identificador. Para que un atributo sea considerado un buen identificador tiene que cumplir:

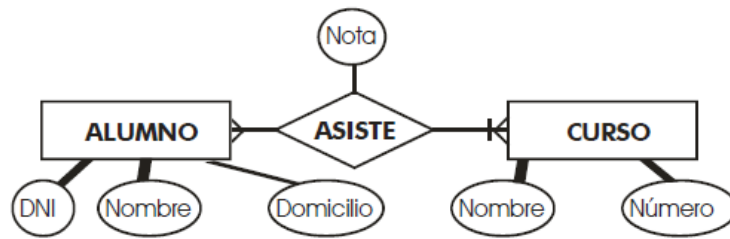


Figura 3.19: Cada círculo o ovalo representa un atributo específico para cada entidad o relación.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

1. Debe distinguir a cada ejemplar teniendo en cuenta las entidades que utiliza el modelo.
No tiene que ser un identificador absoluto.
2. Todos los ejemplares de una entidad deben tener el mismo identificador.
3. Cuando un atributo es importante aún cuando no tenga una entidad concreta asociada, entonces se trata de una entidad y no de un atributo

Pasos para el diseño:

1. Encontrar entidades (conjuntos de entidades).
2. Identificar atributos de las entidades.
3. Buscar identificadores.
4. Especificar las relaciones y cardinalidades.
5. Identificar entidades débiles.
6. Especializar y generalizar entidades donde sea posible

3.11.2. Modelos lógicos de datos

El esquema canónico a lógico global presenta de forma conceptual la estructura de una base de datos, depende del tipo de DBMS que se vaya a utilizar. Se crea a partir del modelo conceptual (Sánchez, 2013).

Tipos de base de datos:

Jerárquicas: En este tipo de base de datos la información se organiza con un jerarquía en la que la relación entre las entidades de este modelo siempre es del tipo padre / hijo. De esta forma hay una serie de nodos que contendrán atributos y que se relacionarán con nodos hijos de forma que puede haber más de un hijo para el mismo padre (pero un hijo sólo tiene un padre). Las entidades de este modelo se llaman segmentos y los atributos campos. La forma visual de este modelo es de árbol invertido, en la parte superior están los padres y en la inferior los hijos.

En red: Modelo utilizado durante mucho tiempo. Su organización se basa en registros y enlaces. Cada registro representa una entidad del modelo E/R, en ellos se almacenan los datos utilizando atributos. Cada enlace permite relacionar los registros de la base de datos. Uno de los modelos más conocidos de este tipo es el llamado codasyl, considerado el estándar. A diferencia del tipo jerárquico existe la posibilidad de que un nodo hijo contenga más de un nodo padre.

Relacionales: En este tipo se muestran los datos en forma de tablas y relaciones. Considerado uno de los más simples y mayormente utilizado.

Orientado a objetos: se basa en la adaptación de los modelos a lenguajes de programación enfocados en objetos. En estos lenguajes los datos y los procedimientos se almacenan juntos. Esta es la idea de las bases de datos orientadas a objetos. Su modelo conceptual se suele diseñar en UML.

3.11.3. Modelo Relacional

Edgar Frank Codd ([Sánchez, 2004b](#)) definió las bases del modelo relacional a finales de los 60. Trabajaba para IBM empresa que tardó un poco en implementar sus bases. Pocos años después el modelo se empezó a implementar cada vez más, hasta ser el modelo de bases de datos más popular.

En las bases de Codd se definían los objetivos de este modelo:

- Independencia física: La forma de almacenar los datos, no debe influir en su manipulación lógica
- Independencia lógica: Las aplicaciones que utilizan la base de datos no deben ser modificadas por que se modifiquen elementos de la base de datos.
- Flexibilidad: La base de datos ofrece fácilmente distintas vistas en función de los usuarios y aplicaciones.
- Uniformidad: Las estructuras lógicas siempre tienen una única forma conceptual (las tablas)
- Sencillez.

Tablas

Toda base de datos relacional se basa en el uso de tablas (también se las llama relaciones). Las tablas representan gráficamente como una estructura rectangular formada por filas y columnas. Cada columna almacena información sobre una propiedad determinada de la tabla (también llamado atributo), nombre, apellido, rut, edad, etc. . . Cada fila representa una ocurrencia o relación representada por la tabla (las filas también son llamadas tuplas).

Terminología

- Tupla: Cada fila de la tabla, representa una determinada información.
- Atributo: Corresponde a cada columna de la tabla.
- Grado: Número de atributos dentro de la tabla.

- Cardinalidad: Número de Tuplas en una tabla.
- Dominio: Conjunto valido de valores representables por un atributo.

Tipos de Tabla

- Persistentes: Solo pueden ser borradas por los usuarios.
 - Base: Independientes, se crean indicando su estructura y sus ejemplares.
 - Vistas: Son tablas que solo almacenan una definición de consulta, resultando de otras tablas bases o vistas. Si los datos de las tablas bases cambian, los de las vistas también cambiarán.
 - Instantáneas: Son Vistas pero además modifican los datos. Se utilizan para el cálculo de ciertos atributos
 - información relevante.
- Temporales: Son tablas que se eliminan automáticamente por el sistema. Pueden ser de cualquiera de los tipos anteriores.

Dominios

Los dominios permiten especificar los posibles valores válidos para un atributo. Cada dominio incorpora su nombre y una definición del mismo. Por ejemplo: Dirección: 50 caracteres, Nacionalidad: Español, Francés, Inglés,etc. . .

Claves

- Candidata: Conjunto de atributos de una tabla que identifican inequívocamente cada tupla de la tabla (son únicas)
- Primaria: Clave candidata que se escoge como identificador de las tuplas.
- Alternativa: Clave candidata que no sea primaria.
- Clave Secundaria o Externa: También llamada clave foránea. Atributo de una tabla que se relaciona con una clave de otra tabla.

Restricciones

Es posible incorporar restricciones que obligan al cumplimiento de condiciones para los datos de la base de datos. Existen de variados tipos:

- Inherentes: Aquellos que no son determinados por los usuarios, sino que son definidos por el hecho de que la base de datos sea relacional:
 - No pueden existir dos tuplas idénticas.
 - El orden de las tuplas no importa.
 - El orden de los atributos no importa.
 - Cada atributo sólo puede tomar un valor en el dominio que esta escrito.
- Semánticas: Permite a los usuarios o incorporar restricciones personales a los datos.
 - Clave primaria: Obliga a que los atributos marcados como clave primaria no puedan repetir valores (son únicos).
 - Unicidad: Impide que los valores de los atributos marcados de esta forma, puedan repetirse.
 - Obligatoriedad: Prohíbe que el atributo no tenga ni un valor (sea nulo).
 - Integridad referencial: Prohíbe colocar valores en una clave externa que no estén reflejados en la tabla donde ese atributo es clave principal.
 - Regla de validación: Condición que debe cumplir un dato específico para que sea actualizado.

Las 12 reglas de Codd

Preocupado por los productos que decían ser sistemas gestores de bases de datos relacionales (RDBMS) sin serlo, Codd publica las 13 reglas que debe cumplir todo DBMS para ser considerado relacional. Estas reglas en la práctica las cumplen pocos sistemas relacionales. Las reglas son:

0. Para que un sistema se denomine Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales, este sistema debe usar exclusivamente sus capacidades relacionales para gestionar la base de datos.

- 1. Información:** Toda la información de la base de datos debe estar representada explícitamente en el esquema lógico. Es decir, todos los datos están en las tablas.
- 2. Acceso garantizado:** Todo dato es accesible sabiendo el valor de su clave y el nombre de la columna o atributo que contiene el dato.
- 3. Tratamiento sistemático de los valores nulos:** El DBMS debe permitir el tratamiento adecuado de estos valores.
- 4. Catálogo en línea basado en el modelo relacional:** Los metadatos deben de ser accesibles usando un esquema relacional.
- 5. Sublenguaje de datos completo:** Al menos debe de existir un lenguaje que permita el manejo completo de la base de datos. Este lenguaje, por lo tanto, debe permitir realizar cualquier operación.
- 6. Actualización de vistas:** El DBMS debe encargarse de que las vistas muestren la última información
- 7. Inserciones, modificaciones y eliminaciones de dato nivel:** Cualquier operación de modificación debe actuar sobre conjuntos de filas, nunca deben actuar registro a registro.
- 8. Independencia física:** Los datos deben de ser accesibles desde la lógica de la base de datos aún cuando se modifique el almacenamiento.
- 9. Independencia lógica:** Los programas no deben verse afectados por cambios en las tablas
- 10. Independencia de integridad:** Las reglas de integridad deben almacenarse en la base de datos (en el diccionario de datos), no en los programas de aplicación.
- 11. Independencia de la distribución:** El sublenguaje de datos debe permitir que sus instrucciones funciones igualmente en una base de datos distribuida que en una que no lo es.
- 12. No subversión:** Si el DBMS posee un lenguaje que permite el recorrido registro a registro, éste no puede utilizarse para incumplir las reglas relacionales.

3.11.4. Paso del esquema E/R al modelo relacional

3.11.4.1. Transformación de entidades fuertes

Es necesario partir de las entidades fuertes del Modelo Entidad Relación siguiendo estas instrucciones (Figura 3.20):

- Entidades: Toda entidad pasa a ser una tabla.
- Atributos: Los Atributos pasan a ser columnas de cada tabla.
- Identificador Principal: Pasan a ser claves primarias.
- Identificador candidatos: Pasan a ser claves candidatas.

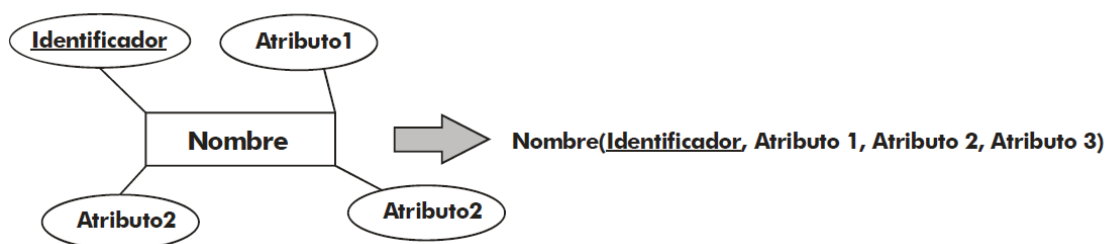


Figura 3.20: Transformación de una entidad fuerte al esquema relacional.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

3.11.4.2. Transformación de relaciones

Para este tipo de elemento es necesario considerar que tipo de relación es la que se desea transformar:

- **Relaciones muchos a muchos:** En las relaciones muchos a muchos, la relación se transforma en una tabla cuyos atributos son: los atributos de la relación y las claves de las entidades relacionadas (que pasarán a ser claves externas). La clave de la tabla la forman todas las claves externas (Figura 3.21).

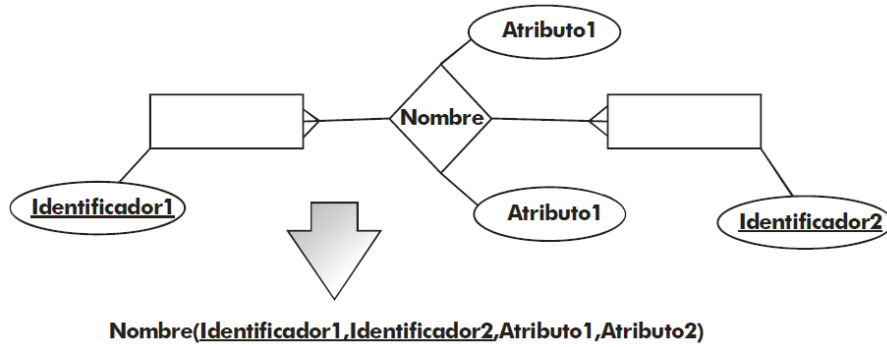


Figura 3.21: Transformación de una relación muchos a muchos.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

- **Relaciones de orden n:** Las relaciones n-arias que unen más de dos relaciones se transforman en una tabla que contiene los atributos de la relación más los identificadores de las entidades relacionadas. La clave la forman todas las claves externas (Figura 3.22).

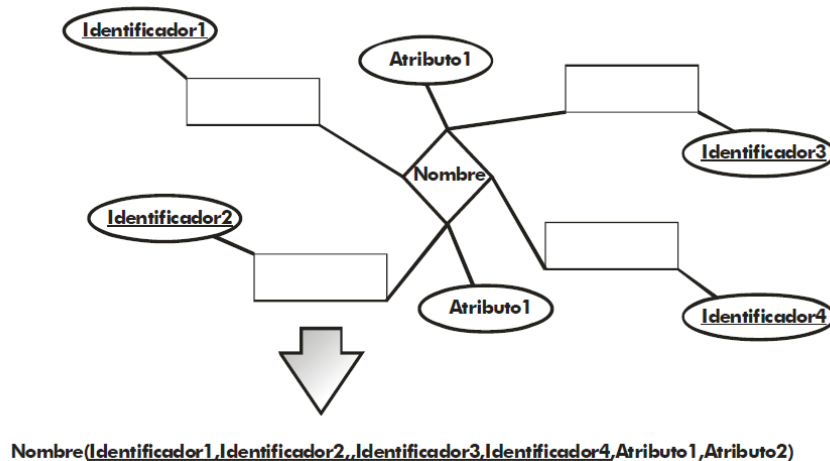


Figura 3.22: Transformación en el modelo relacional de una entidad n-aria.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

- **Relaciones uno a muchos y uno a uno** (Figura 3.23): Las relaciones binarios de tipo uno a muchos no requieren ser transformadas en una tabla en el modelo relacional. En su lugar la tabla del lado varios (tabla relacionada) incluye como clave foránea pie de página: Clave externa, clave ajena, clave foránea, clave secundaria y foreign key son sinónimos el identificador de la entidad del lado uno (tabla principal)

En el caso de las relaciones uno a uno, ocurre lo mismo: la relación no se convierte en tabla, sino que se coloca en una de las tablas (en principio daría igual cuál) el identificador de la entidad relacionada como clave externa.

En el caso de que una entidad participe opcionalmente en la relación, entonces es el identificador de ésta el que se colocará como clave externa en la tabla que representa a la otra entidad.

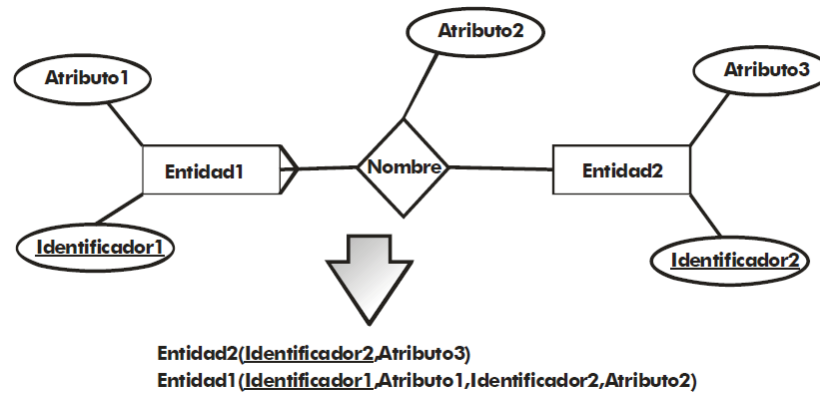


Figura 3.23: Transformación de una relación uno a muchos.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

- **Relación Recursivas:** Las relaciones recursivas se tratan de la misma forma que las otras, sólo que un mismo atributo puede figurar dos veces en una tabla como resultado de la transformación (Figura 3.24).

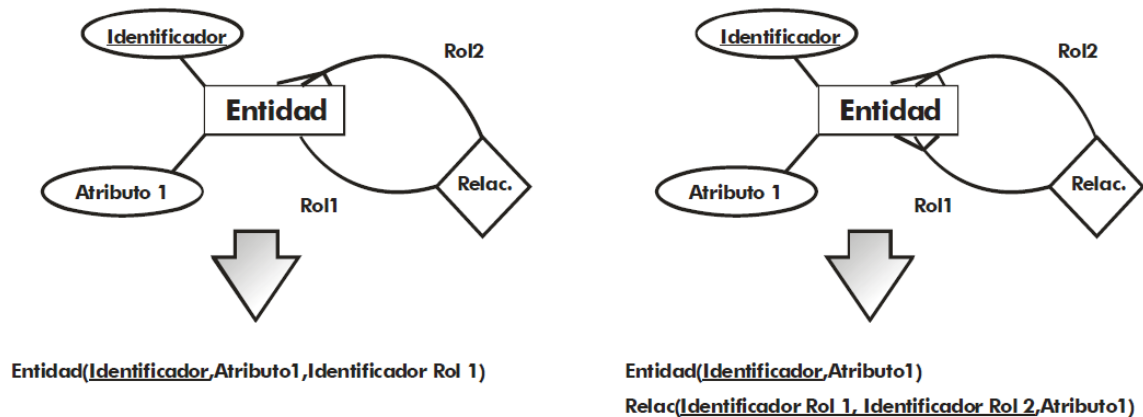


Figura 3.24: Transformación de relaciones recursivas en el modelo relacional.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

3.11.4.3. Transformación Entidades Débiles

Las entidades débiles incorporan una relación implícita por definición con una entidad fuerte. La relación no es necesario integrarla como tabla en el modelo relacional, en caso contrario, la clave de la entidad fuerte pasa a estar como clave foránea en la entidad débil. Normalmente la clave externa pasa a ser parte de la clave principal de la tabla que representa a la entidad débil (Figura 3.25).

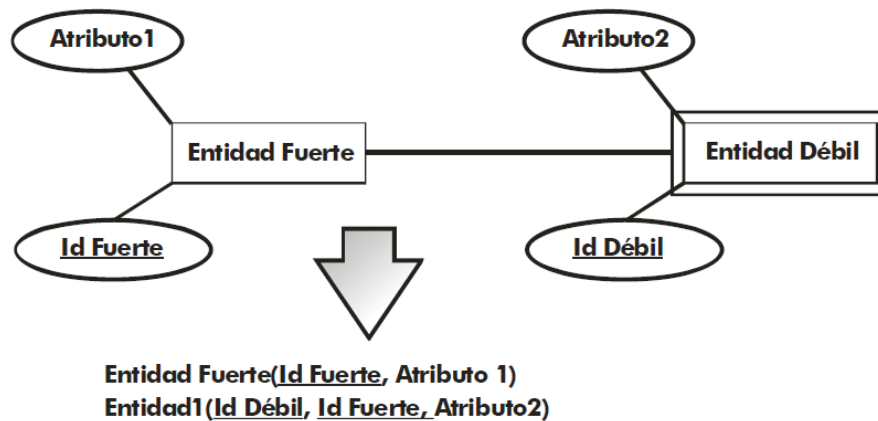


Figura 3.25: Transformación de una entidad débil en el modelo relacional.

Fuente: [Sánchez \(2004a\)](#).

3.11.5. Normalización del esquema relacional

Al obtener el esquema relacional a partir del modelo entidad relación que representa la base de datos pueden existir variados problemas que provocan problemas tanto en su lectura como comprensión para los sistemas computacionales y lógicos en sí. Los problemas que se pueden identificar recaen en:

Redundancia: Se le llama así a los datos que se repiten continua e innecesariamente por las tablas de la base de datos.

Ambigüedad: Datos que no clarifican suficientemente el registro al que representan.

Perdida de restricciones de integridad.

Anomalías en operaciones de modificación de datos: El hecho de que al insertar un solo elemento se deban agregar repetidas tuplas en donde solo se varía unos pocos datos. También ocurre al eliminar un elemento suponga eliminar varias tuplas.

Normalmente el problema reside en que las tablas deben referirse a objetos o situaciones específicas por lo que la solución a muchos de estos problemas recae en la división de tablas en otras más adecuadas para su utilización y manejo.

3.11.5.1. Formas Normales

Las formas normales corresponden a una teoría de normalización iniciada por Codd y continuadas por varios autores. Dentro de las formas normales encontramos la primera, segunda, tercera, la Boyce-Codd, la cuarta y la quinta forma normal (Sánchez, 2004b).

Una tabla en particular puede encontrarse en primera forma normal y no en segunda forma normal, pero no de forma contraria. Cada forma normal es más restrictiva que la anterior de tal forma que la quinta forma normal cumple todas las anteriores.

- **Primera forma normal (1FN):** Una tabla se encontrará en primera forma normal si impide que un atributo de una tupla pueda tomar más de un valor. Por ejemplo la Tabla 3.9(a) no cumple la primera forma normal pero la Tabla 3.9(b) sí.

Tabla 3.9: Ejemplos sobre normalización de datos 1FN.

(a)	TRABAJADOR		
	Rut	Nombre	Departamento
	12.121.121-1	Andrés	Mantenimiento
	12.345.345-K	Andrea	Dirección Gestión

(b)	TRABAJADOR		
	Rut	Nombre	Departamento
	12.121.121-1	Andrés	Mantenimiento
	12.345.345-K	Andrea	Dirección
	12.345.345-K	Andrea	Gestión

Fuente: Elaboración propia.

Dependencias Funcionales: Se dice que un conjunto de atributos Y depende funcionalmente de otro conjunto de atributos X si para cada valor de X hay un único valor posible de Y . Simbólicamente se denota $X \rightarrow Y$. Por ejemplo, el nombre de una persona depende funcionalmente del RUT, para un RUT concreto solo hay un nombre posible. En la Tabla 3.9, el departamento no tiene dependencia funcional, ya

que para un mismo RUT puede haber más de un departamento posible. Al conjunto X del que depende funcionalmente el conjunto Y se le llama *determinante*. Al contrario Y se le llama *implicado*.

- Dependencia funcional completa: Un conjunto de atributos Y tiene una dependencia funcional completa sobre otro conjunto de atributos X si Y tiene dependencia funcional de X y además no se puede obtener de X un conjunto de atributos más pequeño que siga una dependencia funcional de Y . Esta dependencia se denota como $X \Rightarrow Y$. Un ejemplo se refleja en que un RUT genera dependencia funcional completa sobre un Apellido pero el apellido no, ya que pueden existir variados RUT que contengan ese apellido.
 - Dependencia funcional elemental: Se produce cuando X e Y forman una dependencia funcional completa y además Y es un único Atributo.
 - Dependencia funcional transitiva: Se genera cuando tenemos tres conjuntos (X), (Y) y (Z). (Y) depende funcionalmente de X ($X \rightarrow Y$), (Z) depende funcionalmente de Y ($Y \rightarrow Z$). Además X no depende funcionalmente de Y . Entonces ocurre que X produce una dependencia funcional transitiva sobre Z . Esto se denota como: ($X \rightarrow Z$).
- **Segunda forma normal (2FN):** Esta se genera si una tabla está en primera forma normal y además cada atributo que no sea clave, depende de forma funcional completa respecto de cualquiera de las claves. Toda la clave principal debe hacer dependientes al resto de atributos, si hay atributos que dependen sólo de parte de la clave, entonces esa parte de la clave y esos atributos formarán otra tabla.

Normalmente esto ocurre cuando se tiene una tabla con las características de la Tabla 3.10, en ella se aprecia la dependencia funcional completa desde Rut y Cod Curso (suponiendo clave principal compuesta RUT + Cod Curso), pero no así el nombre y apellido que solo dependen de forma funcional completa del Rut. Por esto la Tabla 3.10 no cumple con 2FN, para arreglarlo se debe separar en dos tablas (Tabla 3.11 (a) y (b)).

Tabla 3.10: Ejemplo sobre normalización de datos 2FN, incorrecta aplicación.

ALUMNOS				
<u>Rut</u>	<u>Cod Curso</u>	Nombre	Apellidos	Nota
12.123.123-3	34	Pedro	Gonzales	100
12.123.123-3	25	Pedro	Gonzalez	90
18.888.888-9	34	Ana	Fernández	60
20.000.000-k	25	Sara	Rodriguez	70
20.000.000-k	25	Sara	Rodriguez	60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.11: Ejemplo sobre normalización de datos 2FN, correcta aplicación.

(a)	ALUMNOS			(b)	ASISTENCIA		
	<u>Rut</u>	Nombre	Apellidos		<u>Rut</u>	<u>Cod Curso</u>	Nota
	12.123.123-3	Pedro	Gonzales		12.123.123-3	34	100
	20.000.000-k	Sara	Rodriguez		12.123.123-3	25	90
	18.888.888-9	Ana	Fernández		18.888.888-9	34	60
					20.000.000-k	25	70
					20.000.000-k	25	60

Fuente: Elaboración propia.

- **Tercera forma normal (3FN):** Ocurre cuando una tabla esta en 2FN y además ningún atributo que no sea clave depende transitivamente de las claves de la tabla. En otras palabras, ocurre cuando algún atributo depende de otro que no es clave. Por ejemplo la Tabla 3.12 debería evitar incluir la información de comuna, por lo que se divide en las Tablas 3.13 (a) y (b).

Tabla 3.12: Ejemplo sobre normalización de datos 3FN, incorrecta aplicación.

ALUMNOS				
<u>Rut</u>	Nombre	Apellidos	Cod Comuna	Comuna
12.123.123-3	Pedro	Gonzales	34	Macul
18.085.333-6	Francisco	Andrade	34	Macul
18.888.888-9	Ana	Fernández	12	Santiago Centro
17.375.626-6	Victor	Troncoso	12	Santiago Centro
20.000.000-k	Sara	Rodriguez	88	Nuñoa

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.13: Ejemplo sobre normalización de datos 3FN, correcta aplicación.

(a)

ALUMNOS			
Rut	Nombre	Apellidos	Cod Comuna
12.123.123-3	Pedro	Gonzales	34
18.085.333-6	Francisco	Andrade	34
18.888.888-9	Ana	Fernández	12
17.375.626-6	Victor	Troncoso	12
20.000.000-k	Sara	Rodriguez	88

(b)

PROVINCIA	
Cod Comuna	Comuna
34	Macul
12	Santiago Centro
88	Ñuñoa

Fuente: Elaboración propia.

- Forma normal de Boyle-Codd (FNBC o BCFN):** Esta forma normal ocurre si un tabla esta en 3FN y además todo determinante es una clave candidata. Esto ocurre cuando se genera una redundancia por mala selección de clave principal. Para clarificar se tiene la Tabla 3.14(a), la cual se encuentra en 3FN (no existen dependencias transitivas), pero no en forma de Boyce-Codd, ya que (Rut, Asignatura) -> Tutor y Tutor->Asignatura (En otras palabras Rut+Asignatura tienen dependencia funcional completa hacia Tutor pero Tutor tiene dependencia funcional completa con Asignatura). Una solución se aprecia en las Tablas 3.14 (b) y (c). En la forma normal de Boyce-Codd se debe tener cuidado al dividir las tablas ya que se podría perder información por una mala descomposición.

Tabla 3.14: Ejemplos sobre normalización de datos en FNBC, en (a) se aprecia forma incorrecta y en (b) correcta.

(a)

TUTORIAS		
Rut	Asignatura	Tutor
12.123.123-3	Lenguaje	Eva
12.123.123-3	Matematicas	Andrés
18.888.888-9	Lenguaje	Eva
17.375.626-6	Matematicas	Felipe
17.375.626-6	Lenguaje	Julia
20.000.000-k	Matematicas	Felipe

(b)

TUTORIAS	
Rut	Tutor
12.123.123-3	Eva
12.123.123-3	Andrés
18.888.888-9	Eva
17.375.626-6	Felipe
17.375.626-6	Julia
20.000.000-k	Felipe

(c)

ASIGNATURAS_TUTOR	
Asignatura	Tutor
Lenguaje	Eva
Matematicas	Andrés
Matematicas	Felipe
Lenguaje	Julia

Fuente: Elaboración propia.

Dependencia Multivaluada: Para el resto de las formas normales es necesario definir este tipo de dependencia, que es distinta de las funcionales. Una dependencia

multivaluada de una tabla con atributos X, Y, Z de X sobre Z (es decir $X \twoheadrightarrow Z$) ocurre cuando los posibles valores de Y sobre cualquier par de valores X y Z depende solo del valor de X y son independientes de Z. Al ser mucho más específica esta dependencia se toma como ejemplo la Tabla 3.15, en ella los materiales se repetirán para cualquier profesor dando cualquier curso, ya que los profesores utilizaran todos los materiales del curso (si no fuera de esta forma, no existiría redundancia).

Tabla 3.15: Ejemplo de Tabla para Dependencia Multivaluada.

<u>N° Curso</u>	<u>Profesor</u>	<u>Material</u>
17	Eva	1
17	Eva	2
17	Julia	1
17	Julia	2
25	Eva	1
25	Eva	2
25	Eva	3

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3.15 los materiales del curso dependen del curso y no del profesor en una dependencia multivaluada. Para el par N° de curso y profesor podemos saber los materiales, pero por el curso y no por el profesor.

- **Cuarta Forma normal (4FN):** Ocurre cuando se encuentra en la forma normal Boyce-Codd y toda dependencia multivaluada es una dependencia funcional. De esta forma una solución para solucionar en la Tabla 3.15 se aprecia en la Tabla 3.16 (a) y (b). Esto se aprecia al corroborar que en un conjunto de atributos X, Y y Z ocurre que $X \twoheadrightarrow Y|Z$ (Y y Z tienen dependencia multivaluada sobre X), entonces es posible crear las tablas X,Y y X,Z sin perder información de la tabla original.
- **Quinta forma normal (5FN):** Correspondiente a la más compleja y polémica debido a que en muchas ocasiones no corresponde a una mejor solución que no llegar a este nivel de normalización. Se producen al estar en 4FN y restricciones muy concretas. Un ejemplo se presenta en la Tabla 3.17 (a) que contempla códigos de material suministrado por un proveedor y utilizado en un determinado proyecto. Si existe

Tabla 3.16: Ejemplo sobre normalización de datos 4FN, correcta aplicación.

(a)

Nº Curso	Material
17	1
17	2
25	1
25	2
25	3

(b)

Nº Curso	Profesor
17	Eva
17	Julia
25	Eva

Fuente: Elaboración propia.

una restricción especial como que cuando un proveedor nos envía un material a un determinado proyecto, al iniciar un nuevo proyecto que necesite ese material, el proveedor nos suministre también ese material para este nuevo proyecto. Esta dependencia que produce esta restricción es lejana y se es llamada de reunión. La solución se aprecia en las Tablas 3.17 (a) y (b).

Resumiendo, una tabla no está en quinta forma normal si hay una descomposición de esa tabla que muestre la misma información que la original.

Tabla 3.17: Ejemplos sobre normalización de datos en 5FN, en (a) se aprecia forma incorrecta y en (b) - (c) correcta.

Proveedor	Material	Proyecto
1	1	2
1	2	1
2	1	1
1	1	1

(a)

Proveedor	Material
1	1
1	2
2	1

(b)

Proveedor	Material
1	2
2	1
1	1

(c)

Fuente: Elaboración propia.

3.12. Implementación “física” y uso de la base de datos para la gestión de la información

En la construcción de un sistema de información se han recorrido cuatro etapas de diseño:

- Análisis del sistema u organización, sus procesos y requerimientos.
- Desarrollo del Modelo conceptual
- Transformación del Modelo conceptual al Modelo relacional para responder requerimientos de información.
- Normalización del modelo relacional para evitar problemas de distinta índole.

La implementación de estos en base a la utilización de una base de datos para la gestión de información del sistema objetivo en estudio en base al modelo que hemos desarrollado.

3.12.1. SQL

Structured Query Language (SQL) es un lenguaje de programación para DBMS Relacionales, que permite crear bases de datos y especificar diversos tipos de operaciones. Permite la creación de tablas y relaciones, efectuar consultas y acciones con el fin de guardar y mostrar o recuperar de forma sencilla información de valor de una base de datos, así como también cambios sobre ésta [Sánchez \(2013\)](#).

SQL es un lenguaje de programación declarativo que se gestiona a través de comandos en un editor de DBMS. Los DBMS poseen su propio editor que provee funciones de revisión semántica y escritura de una sentencia SQL. Las sentencias son interpretadas y ejecutadas por el DBMS según sus propias características. Funciones básicas:

- **DDL (Data definition language):** Se refiere a comandos de definición de la escritura de la BD relacional, como por ejemplo crear, eliminar y alterar tablas, así como también recuperar información en vistas. Estos comandos permiten construir toda la estructura de la BD de nuestro sistema de información. Algunos de sus comandos:

- **CREATE:** Utilizado para crear tablas y atributos.
 - **TRUNCATE:** Empleado para eliminar el contenido de una tabla manteniendo su estructura.
 - **DROP:** Elimina una tabla, tanto su estructura como su contenido.
 - **ALTER:** Utilizado para modificar la estructura de una tabla, junto a este comando se emplean **ADD** (agregar un campo o columna), **DROP** (eliminar campo o columna), **MODIFY** (Modificar el tipo de datos en una columna) y **CHANGE** (Modifica el nombre y tipo de datos de una columna).
- **DML (Data Manipulation Language):** Contempla comandos de selección y extracción de datos, inserción, modificación y eliminación de campos o registros. Incluye cuatro comandos básicos que permiten la manipulación de los registros de una base de datos.
- **SELECT:** Selección de registros.
 - **INSERT:** Inserción de registros.
 - **UPDATE:** Actualización de registros.
 - **DELETE:** Eliminación de registros.

La mayoría de estos comandos se utilizan en conjunto de operadores para seleccionar la información o registros a eliminar, dentro de estos podemos encontrar:

- **FROM [nombre tabla]:** Selecciona registros de la tabla indicada.
- **WHERE [condición lógica]:** Selecciona registros que cumplen con determinada condición (Verdadero o Falso).
- **ORDER BY:** Ordena la selección según una expresión de forma ascendente o descendente.
- **GROUP BY [columna1],[columna2],...** : Agrupa la selección según la columna indicada.

- HAVING [condición]: Selecciona registros que tienen la condición para funciones agregadas.
- DCL (Data Control Language): Comandos de control y seguridad del sistema.



4 | Metodología

En base al manual propuesto en “Gestión de la Eficiencia Energética y su valor en la organización. Un programa de Gestión Energía aplicada a la Pyme”, el correspondiente desarrollo de la herramienta computacional contará con una estructura a base de un programa de gestión de la energía (PGE). El programa recae en la metodología propuesta por la norma de eficiencia energética AS/NZS 3598:2000 (SAI GLOBAL) ([Joint Technical Committee, 2000](#)). Esta metodología tiene la particularidad de optar por el nivel de profundidad que se desee implementar en la empresa (Nivel 1, 2 o 3) y es potencialmente un instrumento que facilita su implementación en Pymes productivas. En conjunto con las herramientas y KPI's ya definidos, se buscara aplicar un programa de eficiencia energética mediante la obtención de información para la toma de decisiones respecto a la situación energética de la empresa analizada, cuánta energía está siendo utilizada y cuanto se gasta, donde se utiliza la energía (procesos primarios y/o de apoyo), cuáles son las posibilidad de identificar perdidas e investigar oportunidades de mejora.

4.1. Modelo a implementar: PGE

El modelo a implementar se basa en un sistema integral de la gestión de la energía que involucra el nivel estratégico, táctico y operativo de la organización. Uno de los principales pilares es la alta dirección y organización de las empresas, poniendo hincapié en el cambio cultural al que será sometida para una correcta implementación. Es fundamental asegurar el flujo de la información e incentivar los objetivos y metas concretos que desea lograr ([Silva Díaz, 2015](#)).

El objetivo de éste PGE es caracterizar el desempeño energético de una empresa

mediante herramientas de administración e indicadores que relacionan la producción con el consumo energético, identificar la energía no asociada a dicha producción para detectar la energía improductiva, generando puntos de ineficiencia. Adicionalmente se identificará y replicará las buenas prácticas operacionales en el manejo y operación de equipos como por ejemplo la planificación de la producción y el mantenimiento de los equipos. Se gestionará el capital humano de forma tal que se recompensaran los esfuerzos asociados al cumplimiento de metas en conjunto con los ideales de la empresa. Lo anterior se refiere con la formación de una cultura organizacional desde el nivel estratégico hasta el nivel operativo. Para la implementación y aplicación del programa de gestión de la energía es necesario contar con el nivel de profundidad el cual queremos estudiar (nivel 1,2 o 3). El programa posee 3 etapas o niveles: Diagnóstico Global (nivel 1), Usos de la Energía (Nivel 2) y Decisiones Energéticas Estratégicas (nivel 3). La siguiente figura muestra las etapas del modelo del PGE (Figura 4.1):

Figura 4.1: Programa de Gestión de la Energía



Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

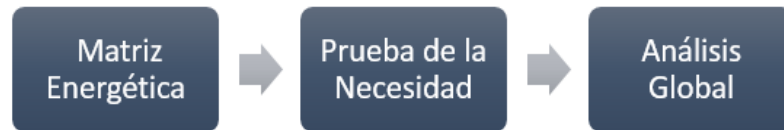
4.1.1. Etapa 1: Diagnóstico Global (Nivel 1).

El Diagnóstico Global (nivel 1) permite evaluar el consumo total de energía del sitio a ser evaluado. Su objetivo es determinar si el uso de energía es razonable o excesivo, enfocándose en un análisis actual de la empresa en función de sus consumos energéticos. Este nivel proporciona puntos de referencia inicial del sitio, de modo que el efecto de las

medidas de la energía pueda ser seguido y evaluado. Se presenta una visión general del sistema, estudios que proporcionen ahorros y costos aproximados.

Se propone seguir la siguiente estructura durante la fase en estudio (Figura 4.2):

Figura 4.2: Etapas Diagnóstico Global



Fuente: Silva Díaz (2015)

4.1.1.1. Definición del problema

Reunión presencial con la organización en donde se establezcan:

- Procesos dentro de la organización (Visión global).
- Energía utilizada, en qué procesos.
- Objetivos y Alcance del estudio.

4.1.1.2. Recopilación de Información

A continuación se recopila la información histórica de la organización, esta información es de tipo primario, información perteneciente a la empresa y que no haya sido analizada por terceros.

La información que se solicita a la empresa para este estudio es la siguiente:

- Tipo y Configuración de los Procesos Productivos de la Organización, tales como: Job Schop, por Lotes, Línea Continua, Just in time, Sistema flexible de fabricación, por Proyecto.
- La unidad de medida correspondiente a la producción correspondiente.
- El consumo total de todos los medidores de energía eléctrica para un período de 24 meses antes de la fecha de comienzo del estudio. Si no está disponible esta información, se deberá estimar el consumo en base a las hipótesis respectivas.

- Planos eléctricos unilineales y cuadros de carga del proceso productivo.
- El consumo total del gas y combustibles para un período de 24 meses antes de la fecha de comienzo del estudio. Si no está disponible esta información, se deberá estimar el consumo en base a las hipótesis respectivas.
- El uso de las Líneas de energía eléctrica que se encuentran operativas en todo el año y señalar cuáles son de carácter estacional (por temporada).
- El uso de sistemas de refrigeración en el proceso productivo.
- El uso de calderas y/o calentadores de agua en el proceso productivo.

4.1.1.3. Análisis y Clasificación de la información

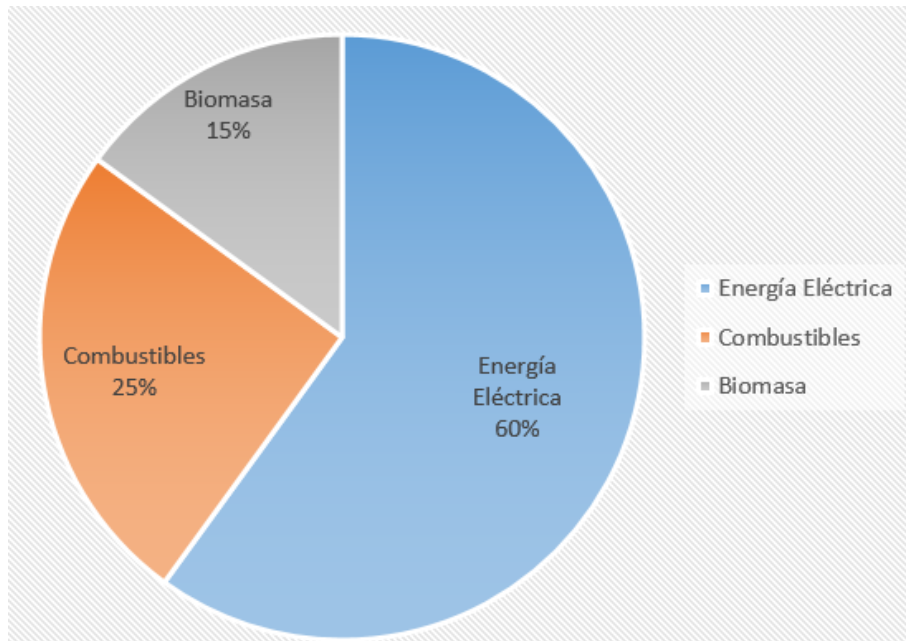
En esta etapa se ordenará y resumirá la información y/o documentos entregados por la empresa en estudio. Para ello se clasificará la información por las siguientes categorías: Energía, Combustibles, Producción e Información Complementaria. Con lo cual se realizarán análisis de forma individual e integral a los datos pertenecientes a cada una de ellas.

a) Determinación de la Matriz Energética (consumo total de las energías y/o combustibles):

Mediante el desarrollo de esta matriz se busca resumir de manera estadística la información obtenida anteriormente y con el apoyo de herramientas gráficas, obtener como primer antecedente la “Matriz Energética de la Empresa”. La finalidad de la matriz es obtener el grado de participación (importancia) de cada fuente energética de la empresa. (Figura 4.3)

b) Prueba de la Necesidad:

Esta prueba caracteriza e identifica los principales problemas energéticos de la empresa en el ámbito general. En términos prácticos, sus resultados permiten el enfoque de los esfuerzos futuros en eficiencia, modelación de comportamientos y la identificación de la influencia de los factores globales de consumo, así como costos

Figura 4.3: Ejemplo Matriz Energética

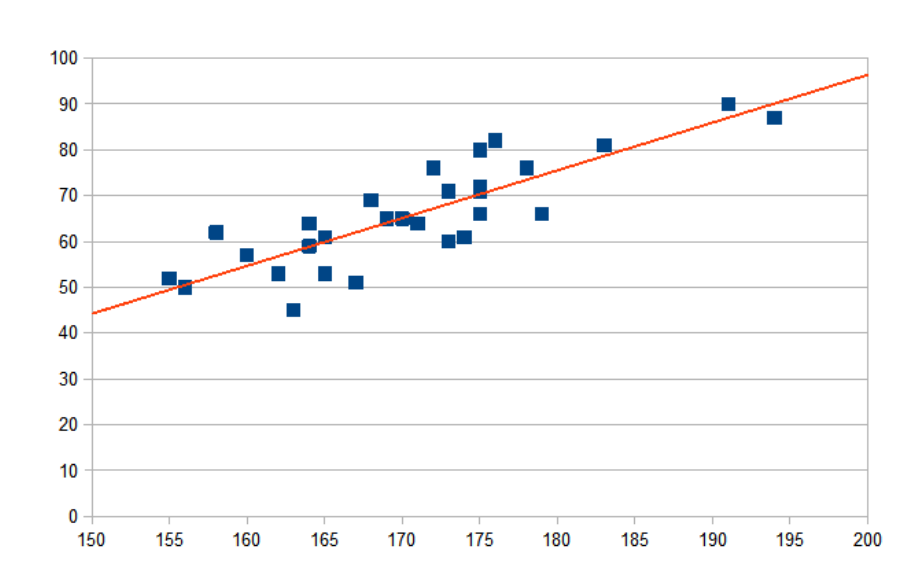
Fuente: Silva Díaz (2015)

energéticos sobre los gastos energéticos y los correlaciona con las unidades totales producidas. Los objetivos son:

- Determinar potenciales globales de disminución de consumos y costos energéticos de la empresa
- Establecer el grado de correlación entre la variable gasto en consumo (medida en pesos) y la medida de producción en un tiempo determinado (diagrama de dispersión)
- Determinar la necesidad de la empresa para implementar un PGE.

A partir de la energía más utilizada se realiza un diagrama de dispersión entre el gasto energético y la variable de producción establecida por la empresa, con el objetivo de determinar el grado de correlación entre ambas variables y determinar la existencia de puntos de ineficiencia en términos agregados (Figura 4.4).

Una vez obtenido lo anterior se debe realizar el cálculo en términos porcentuales del gasto energético para producir sobre el ítem de costos y gastos totales de la empresa

Figura 4.4: Gráfico de Dispersión

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

durante el periodo de un año. En resumen, para pequeñas y medianas empresas de producción nos enfrentamos a que este porcentaje es de un 5 %, podemos realizar medidas de mitigación que se reflejarán en reducción de consumo mínimo para estas empresas. Ahora si este porcentaje se encuentra entre un 5 % y un 15 %, estas medidas de reducción serán importantes para la organización. Ahora si el valor es mayor a un 15 %, en términos económicos estamos en presencia de que las medidas de reducción energética serán significativas. Con lo anterior, estamos en condiciones y contamos con la información global para plantear la decisión en conjunto con la gerencia de la empresa de poder realizar un análisis nivel 2 o 3.

c) Análisis Global

Una vez obtenida la retroalimentación por parte de la gerencia y se decide implementar un PGE, la siguiente etapa es el análisis en la empresa. Para ello es necesario contar con la aplicación de herramientas estadísticas, de la administración de calidad y económicas.

4.1.1.4. Determinación del consumo de las energías y combustibles (Diagramas de Dispersión, Función Global de la Energía)

El objetivo de esta parte es determinar los consumos relevantes de la empresa, relacionarlos con la producción e identificar las ineficiencias del sistema a través de la utilización de herramientas estadísticas, tales como gráficos de dispersión, análisis de regresión las variables relevantes ante el consumo energético de la empresa. En primera instancia se debe enfocar el estudio a la fuente energética más relevante, seguida en orden descendente las cuales fueron determinadas en la matriz energética de la empresa vista en el punto anterior. Luego se pueden obtener gráficos de dispersión entre las variables relevantes agregadas (globales, consumo energético y producción en un mismo periodo) con el objetivo de mostrar el grado de dependencia entre las variables y verificar los periodos de tiempo que se muestran con datos anormales respecto de la variación del consumo energético con respecto a la producción, permitiendo identificar así las posibles ineficiencias que existen en los sistemas de la empresa. Siguiendo con el proceso anterior, para la primera fuente de energía más significativa se forma la ecuación de la recta Energía – Producción a través del método de mínimos cuadrados (Econometría):

Fórmula Función Global de la Energía

$$E = E_0 + mP \quad (4.1)$$

Donde:

E : Consumo de energía en el periodo seleccionado.

P : Producción asociada al periodo seleccionado.

E_0 : Energía no asociada a la producción (procesos de apoyo).

m : Tasa de cambio del consumo energético respecto a la producción.

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

4.1.1.5. Indicador de Energía No asociada (E_0)

Este tipo de energía se relaciona directamente con los procesos de apoyo, que puede corresponder a: Iluminación de plantas, electricidad de equipos de oficina, equipos de ventilación, áreas climatizadas, energía usada en servicios de mantenimiento, trabajo en

vacío de equipos térmicos y/o eléctricos, pérdidas de energía, pérdidas eléctricas por potencia reactiva, pérdidas por radiación y convección en calderas. Al tener calculado este valor de Energía no asociada se puede calcular el indicador de Energía no asociada, determinado como porcentaje sobre la energía promedio de la principal fuente consumidora. Se busca mantener este porcentaje en lo mínimo posible, manteniendo las condiciones mínimas de operación.

Fórmula Indicador de Energía no Asociada

$$E_{na}(\%) = \frac{E_0}{E_m} * 100 \% \quad (4.2)$$

Donde E_m es el valor del consumo medio de la energía.

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

4.1.1.6. Construcción del Diagrama Energético de la Organización

Esta herramienta consiste en desarrollar el flujograma del proceso productivo, agregándole todas las entradas y salidas de materiales (incluidos residuos) y de energía, con las magnitudes características para los niveles de producción de la empresa. Este diagrama muestra la relación entre las diferentes etapas del proceso productivo y las mayores etapas consumidoras.

4.1.1.7. Diagrama Índice de Consumo – Producción (IC vs P)

La expresión se obtiene de dividir toda la ecuación de la figura ?? anterior por la producción (P).

Fórmula Índice de Consumo - Producción

$$IC = m + \frac{E_0}{P} \quad (4.3)$$

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

La curva muestra como el índice de consumo aumenta al disminuir el nivel de producción realizada. En la medida que la producción se reduce, debe disminuir el consumo

total de energía, pero el gasto energético por unidad de producto aumenta. Esto se debe a que aumenta el peso relativo de la energía no asociada a la producción respecto a la energía productiva. Si la producción aumenta, por el contrario, el gasto por unidad producto disminuye, pero hasta el valor límite. El punto donde comienza a elevarse los índices de consumo para bajas producciones se llama punto crítico, y es donde para producciones por debajo de ese punto el índice de consumo aumenta muy significativamente. El gráfico IC – P, es útil para establecer sistemas de gestión energética, ya que se pueden establecer sobre este gráfico las metas de reducción de índice proyectadas para un nuevo periodo.

4.1.2. Etapa 2: Diagnóstico y usos de la energía (Nivel 2)

En la etapa del Diagnóstico y Uso de la Energía (nivel 2) se deben identificar las fuentes de energía de un sitio, la cantidad de energía suministrada, y lo que la energía se utiliza. También se identifican las áreas donde se pueden lograr economías, se recomiendan medidas que deben adoptarse, y ofrece una relación detallada de costes y ahorros potenciales. Un nivel 2 de Auditoría es una encuesta sobre el uso de energía, que se espera que proporcione una evaluación preliminar de costos y ahorros. Para la realización de esta etapa es necesario contar en primera instancia con los antecedentes solicitados y obtenidos en la etapa anterior (Diagnóstico Global, nivel 1), estos son: Análisis y Clasificación de la Información, Determinación de la matriz energética, Prueba de la Necesidad, Análisis (Determinación del consumo de energías y combustibles, Diagramas de Dispersión, Función Global de la Energía, Indicador de Energía no Asociada, Construcción del Diagrama Energético, Índice de Consumo Producción). Adicionalmente a esto, se debe incorporar en este tipo de nivel lo siguiente:

- Realizar una inspección en terreno con un especialista a la empresa analizada, que permita observar los patrones de energía y la aplicación de lista de verificación referida a temas de eficiencia en los procesos.
- Realizar Análisis de Pareto y Causa-Efecto a las variables analizadas.
- La provisión de una lista detallada de recomendaciones para reducir el consumo

de energía y de costos, que incluirá tanto obras de infraestructura y la gestión de opciones generales, con sus determinadas variables económicas.

- Preparar metas e indicadores de consumos de energía y de uso final de la energía en el sitio estudiado. Cuando los datos de consumo de energía no están disponibles para determinar estos indicadores, se debe realizar una estimación en las cargas observadas, añadiéndose al informe las hipótesis pertinentes.
- Declaración de una Política Energética de la empresa.

Es importante destacar en esta etapa que cualquier recomendación que sea de opciones generales de gestión, facilitaría más el uso eficiente de la energía, que puede incluir lo siguiente: Modificaciones de las mantenciones y prácticas operativas, modificaciones y/o adiciones a las instalaciones existentes, combustibles alternativos, estructuras tarifarias alternativas, alternativas de dotación del personal, formación y participación del personal en prácticas de la gestión de la energía.

Figura 4.5: Diagrama: Diagnóstico y Usos de la Energía (Nivel 2)



Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

A continuación se describen los puntos adicionales propuestos en esta etapa:

4.1.2.1. Aplicación de Diagramas de Pareto

Énfasis en determinar los problemas más significativos, en línea con la fuente de energía más utilizada, para evaluar los equipos con mayor consumo dentro del sistema productivo. Se debe obtener información correspondiente a los equipos más influyentes (20 % del total) que generen la mayor parte del consumo (80 %).

4.1.2.2. Aplicación de Diagramas Causa – Efecto (Diagrama de Ishikawa)

Se realiza en cualquier etapa del PGE que necesite la identificación de las causas raíces de un problema en particular. Específicamente se utiliza después del análisis de terreno, que en conjunto con conversaciones con operarios y jefes de sección, es posible determinar posibles problemas estructurales que puedan ser evaluados para obtener una solución factible. La aplicación de esta herramienta ayuda al enfoque de posibles soluciones para las problemas más relevantes encontradas en las etapas anteriores.

4.1.2.3. Inspección en Terreno

Se desarrolla después de obtenida la principal información de la empresa, en conjunto con un experto/especialista en el área energética. El objetivo es obtener y verificar que los datos obtenidos sean relevantes, llevando la bitácora de visita respectiva y aplicando las listas de chequeo genéricas para cada variable a analizar.

4.1.2.4. Lista de Propuestas de Mejora y/o Recomendaciones

Se identifican las oportunidades de mejora y recomendaciones de carácter cuantitativas, desde la más relevante a nivel económico. Se deben implementar indicadores económicos más relevantes (VAN, TIR, Payback, Payback actualizado). Cualquier medida no cuantitativa, se debe adjuntar como recomendación. Es importante que no exceda las 10 soluciones o recomendaciones (Tabla 4.1).

4.1.2.5. Cuadro de Indicadores y Metas

Resumen de las decisiones estratégicas propuestas por la empresa en ámbitos de eficiencia energética, estas deben poseer indicadores, metas, planes de acción responsables a cargo y plazos específicos para la realización de objetivos propuestos en la etapa de diagnóstico (Tabla 4.2).

Tabla 4.1: Lista de propuestas de mejora y/o recomendaciones

Propuestas	Inversión	Ahorro	VAN	TIR	Payback
Propuesta 1	I_1	A_1	VAN_1	TIR_1	P_1
Propuesta 2	I_2	A_2	VAN_2	TIR_2	P_2
Propuesta 3	I_3	A_3	VAN_3	TIR_3	P_3
....
Propuesta n	I_n	A_n	VAN_n	TIR_n	P_n

*Se sugiere un número de propuestas (n) no superior a 10.

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

Tabla 4.2: Ejemplo de Cuadro de Indicadores y Metas.

TIPO	OBJETIVO	INDICADOR	META	RESPONSABLE	PLAZO
Energía Eléctrica	Disminuir Consumo eléctrico de la planta por unidad de producto	KWh / unidad de producto	500 KWh / Kg	- Jefe de planta.	6 meses
Energía Eléctrica	Disminuir los cargos por ineficiencia en la red (por ej., factor de potencia)	Valor del factor de potencia	Factor de potencia < 0,93	- Gerente de Planta. - Jefe de mantención.	6 meses
Energía Eléctrica	Disminuir la energía no asociada a la producción de la planta.	KWh/planta	< 10.000 Kwh / planta.	- Gerente de planta. - Jefe de planta. - Jefe de Mantención	1 año
Combustible	Disminuir el consumo de combustible	Litros de petróleo / unidad de producto	100 Ltrs / unidad de producto.	- Jefe de producción - Jefe de abastecimiento	1 año

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

4.1.2.6. Cuadro de Planes de acción

Los planes de acción son todas las medidas el nivel táctico (jefaturas) que la organización adoptará para el logro de las metas establecidas a través de su indicador propuesto. Estos planes pueden ser desagregados por el encargado del área y ser transmitido al área operativa de la empresa. Cada medida estratégica debe ser provista de un plan de acción, es por ello que la organización debe proponer un listado de planes de acción por cada propuesta, como lo muestra la Tabla 4.3.

4.1.2.7. Política energética

La política energética enmarca una declaración concreta sobre las intenciones globales y de lineamiento con respecto a su desempeño energético como empresa, expresada por la

Tabla 4.3: Diagrama de Planes de Acción

METAS	PLANES DE ACCIÓN
500 KWh/Kg	<ul style="list-style-type: none"> - Plan de acción 1 - Plan de acción 2 - Plan de acción 3 - - Plan de acción n

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

alta dirección. Un ejemplo de declaración de política energética de la empresa Patagonia Fresh, certificada en 2014 por ISO 50.001.

Política Energética de Patagonia Fresh:

“En energía, comprometiéndose a mostrar una mejora continua en el desempeño energético de la organización, garantizando la disponibilidad de la información y los recursos necesarios para cumplir los objetivos y metas de su gestión energética” (información de acuerdo a lo declarado en página web de la empresa, www.patagoniafresh.cl)

4.1.3. Etapa 3: Diagnóstico, usos y fuentes de la energía (Nivel 3)

En este nivel se proporciona un análisis detallado del consumo de energía, el ahorro que se puede hacer, y el costo de la consecución de esos ahorros. El esfuerzo puede concentrarse en la operación global como en un proceso productivo específico. Es recomendable emplear a un especialista para llevar a cabo determinadas partes de una Auditoría o tal vez necesite instalar locales de medición y registro detallados. En este nivel es necesario:

- La existencia de una política energética y compromisos en todos los niveles de la organización.
- Antecedentes solicitados y obtenidos en el 1 y 2 nivel de la auditoría (Diagnóstico Global, nivel 1 y Diagnóstico y Uso de la Energía, nivel 2). Adicionalmente a esto, se debe incorporar en este tipo de nivel lo siguiente:

- Un Diálogo regular y detallado entre los especialistas y el personal de la empresa analizada, debiendo existir un mínimo de 3 a 5 reuniones formales entre ambas partes durante el estudio.
- Un análisis detallado del sitio o del proceso para determinar dónde, cuándo y cómo se usa la energía que incluya la evaluación de las instalaciones de la planta, operación de los equipos, sistemas de control, programas de mantenimiento, horas de operación y análisis del personal de las horas de trabajo.
- Identificación del uso de la energía y el uso real de la energía.
- Elaboración de perfiles de consumo de combustibles y/o equipos eléctricos utilizados durante un periodo de 7 días.
- Provisión de todos instrumentos para satisfacer este nivel.
- Lista de Verificación de la Eficiencia energética en los procesos y/o máquinas y equipos de la empresa (provista por parte de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética).
- Aplicación de software especializado para eficiencia energética.
- Aplicación de gráficas de control respecto a consumos energéticos (electricidad, combustibles, etc) para ciertos niveles de producción determinados.
- La provisión de una lista detallada de recomendaciones para reducir el consumo de energía y de costos, que incluirá tanto obras de infraestructura y la gestión de opciones generales, con sus determinadas variables económicas.
- Preparar metas e indicadores de consumos de energía y de uso final de la energía en el sitio estudiado.

A continuación se describen los puntos relevantes adicionales propuestos en esta etapa:

Figura 4.6: Diagnóstico, usos y fuentes de la energía (nivel 3)

Fuente: [Silva Díaz \(2015\)](#)

4.1.3.1. Lista de Verificación de la Asociación Chilena de Eficiencia Energética para procesos y equipos

Se debe realizar un análisis detallado de los sistemas de cada organización y detectar oportunidades de mejora para la empresa. Esta lista de chequeo está basada en la Guía para la Calificación de Consultores en Eficiencia Energética de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (AChEE). Es posible revisar estas tablas en la sección de anexos [A.1](#) (Tablas [A.1](#) a [A.9](#)).

4.1.3.2. Cartas de Control Estadístico

Es posible implementar las cartas de control estadístico como medida de apoyo para el cumplimiento de ciertos parámetros en metas de desempeño.

5 | Desarrollo de aplicación

Para el desarrollo de la herramienta computacional que se está proponiendo, es necesario, aplicar las distintas etapas para la confección de una base de datos, siguiendo las necesidades y conceptos relacionados con la eficiencia energética. Como base para los requerimientos necesarios, se aprecia el programa de eficiencia energética propuesto (PGE), que contempla variada información, necesaria para iniciar este tipo de evaluación.

Para el modelado de base de datos se debe tener presente, por una parte DBMS a utilizar, en este caso, se considera implementar una aplicación basada en la herramienta Access de la serie Microsoft Office en sistema Windows.

En una primera instancia lo que se busca es la recopilación de los datos y metadatos fundamentales aplicados en todo programa de eficiencia energética, así como, también las correspondientes estructuras que maneja una PYME enfocada en producción.

5.1. Esquema Real

Dentro del esquema real, presente en toda organización y enfocados en el sistema productivo de estas es necesario, considerar los principales parámetros que están involucrados en el análisis de eficiencia energética.

De forma general, se debe considerar una empresa productiva que involucra distintos procesos productivos, maquinaria, áreas, sucursales, productos, etc. Por estas razones, se dispone un pequeño listado de los datos necesarios para el modelado del proceso:

Estructura: Cada empresa, posee una estructura y distribución distinta, pero que en caracteres generales debe considerar:

Sucursales: Distintas dependencias en donde se desempeña la empresa, tanto su producción, como administración.

Áreas: Cada sucursal es posible subdivirla en distintas áreas, estas pueden estar enfocadas a distribución de departamentos o distintos procesos productivos, así como también producción de distintos productos o gastos energéticos de distinto tipo.

Maquinaria: Cada sucursal o área posee distintas máquinas que consumen energía y/o que están involucradas en el proceso productivo de la empresa.

Productos: Enfocados en empresas del tipo productiva estos datos no pueden faltar, siendo el pilar fundamental en sus gastos y ganancias.

Energías: Principales consumos para la producción y administración de instalaciones (sucursales, áreas, maquinaria).

Proyectos: Considerando el análisis energético a realizar se debe tener en cuenta el manejo de los datos de cada empresa y proyecto en estudio.

Nombre de Empresa: Empresa en cuestión analizada dentro del programa de eficiencia energética.

Proyecto: Como ya se especificó anteriormente, se debe tener registro del proyecto asociado en curso que contendrá los datos necesarios para el posterior análisis de eficiencia energética. De esta forma es posible separar los proyectos propuestos así como generar análisis para distintas empresas.

Periodos de estudio: Los periodos de estudio son fundamentales en el análisis de datos y deben estar claros y definidos desde la formación del proyecto, estos son únicos para cada estudio y deben estar a la par con los datos necesarios para la aplicación de un programa de eficiencia energética (PGE).

PGE: Para la aplicación del programa es necesario la inclusión de datos de producción de esta forma se identifica:

Producción: cantidad producida de cada producto de la empresa lo más especificado posible (en qué área, sucursal, máquina. . .), por periodos.

Periodos: Periodos de producción que pueden ser diarios, semanales o mensuales dependiendo la calidad de información proveniente de la empresa.

Consumo y costo energético: Estos serán una de las bases para el análisis de gastos en temas de energía para la organización.

Unidades: Unidades empleadas tanto en producción como en el consumo energético, sin considerar este tipo de datos los resultados arrojados por el modelo pueden ser de valor o simplemente no tener sentido.

Maquinarias: Se deben especificar las características para cada máquina dentro de la evaluación.

Tipos de Energía: La energía que se utiliza dentro de la organización suele dividirse en combustibles, energía eléctrica u otros tipos. Esta información ayuda a la hora de llevar a unidad estándar la información.

Como ya se mencionó, a partir del listado anterior se modelara el programa a implementar. El siguiente punto es el desarrollo del modelo conceptual, para este caso se aplicara el modelo entidad relación.

5.2. Modelo Entidad Relación

A partir de la materia descrita en el presente trabajo se dispone a definir los factores determinantes para el modelo. Lo primero a desarrollar es definir, entidades, relaciones y atributos correspondientes que se utilizaran:

- Entidades: Cualquier objeto o elemento (abstracto o real) del cual se desea almacenar información, de ellas se observan entidades fuertes y débiles:
 - Fuertes:
 - Proyectos: Hilo conductor para la identificación de distintas entidades y relaciones, principal identificador dentro del programa. En ella se identificarán distintas opciones que servirán para el desarrollo y elección de cada proyecto.

- Empresas: Entidad que guardará la información relevante de cada empresa analizada en el programa. (nombre, rut, rubro, etc...).
- Sucursales: Datos de cada sucursal asociada a una empresa y proyecto.
- Áreas: Datos de cada área perteneciente a cierta sucursal.
- Productos: Detalle de los datos para cada producto de la empresa.
- Máquinas: Detalle de cada máquina presenta en algún área de la empresa.
- Energía: Datos de cada energía utilizada en la empresa.
- Débiles:
 - Tipo de periodo: periodos a utilizar en la producción especificada en cada proyecto.
 - Tipo de Máquina
 - Tipo de Producto
 - Periodos de Energía
 - Periodos de Producción
 - Unidades
- Relaciones: Unión que se presenta entre entidades, normalmente se representan mediante un verbo.
 - Empresas-Proyectos: Cada proyecto tiene asociada una empresa específica, es necesario resaltar que cada empresa puede contener más de un proyecto asociado. Asociación 1 a muchos.
 - Proyecto-Sucursal: Cada proyecto es el hilo conductor de la asesoría por lo que se pueden identificar muchas sucursales asociadas a cada proyecto. Asociación 1 a muchos.
 - Sucursal-Área: Cada sucursal tiene asociado distintas áreas. Relación uno a muchos.
 - Área-Producto: Cada área puede estar relacionada con muchos productos, así como también cada producto puede estar relacionado con muchas áreas. Relación muchos a muchos.

- Área-Máquina: Cada área puede poseer muchas máquinas pero cada máquina solo estará relacionada con un área.
 - Energía-Proyecto: Cada energía estará relacionada con un proyecto en específico.
 - Producto-Tipo producto: Cada producto se identifica con algún tipo común, como por ejemplo: grandes, medianos, pequeños.
 - Energía-Periodos Energía: La energía utilizada se mide en meses, estos periodos tienen un inicio y fin. Por ejemplo: 01-01-2012 hasta 01-01-2013, que incluiría 12 periodos.
 - Máquina-Producto-Periodo de Producción: se identifica la producción como una relación entre estas entidades.
 - Máquina -Tipo Máquina: Cada máquina puede poseer a algún tipo en específico, como por ejemplo: Motores, enfriamiento, bombas, etc. . .
- Atributos: Son principalmente las propiedades que posee cada entidad, comúnmente se refiere a los datos específicos que se almacenaran, podemos identificar nombre, rut, n° de factura, capacidad, cantidad producida, etc. . .

A partir de estas se realizara un esquema para apreciar de forma sencilla tanto entidades, relaciones y atributos. En la Figura 5.1 se presenta de forma gráfica. Se debe considerar que pueden existir parámetros, entidades y relaciones que aún no son considerados y serán agregados a medida que sean necesarios.

El siguiente paso considerará la transformación desde el modelo conceptual al modelo lógico, para la aplicación computacional se decidió por utilizar el modelo relacional.

5.3. Modelo Relacional

Para la aplicación se toman en consideración los pasos descritos en el presente proyecto. Se deben tomar en consideración múltiples factores dentro de los que se encuentran el uso de un software para el manejo de base de datos. El software utilizado para el desarrollo

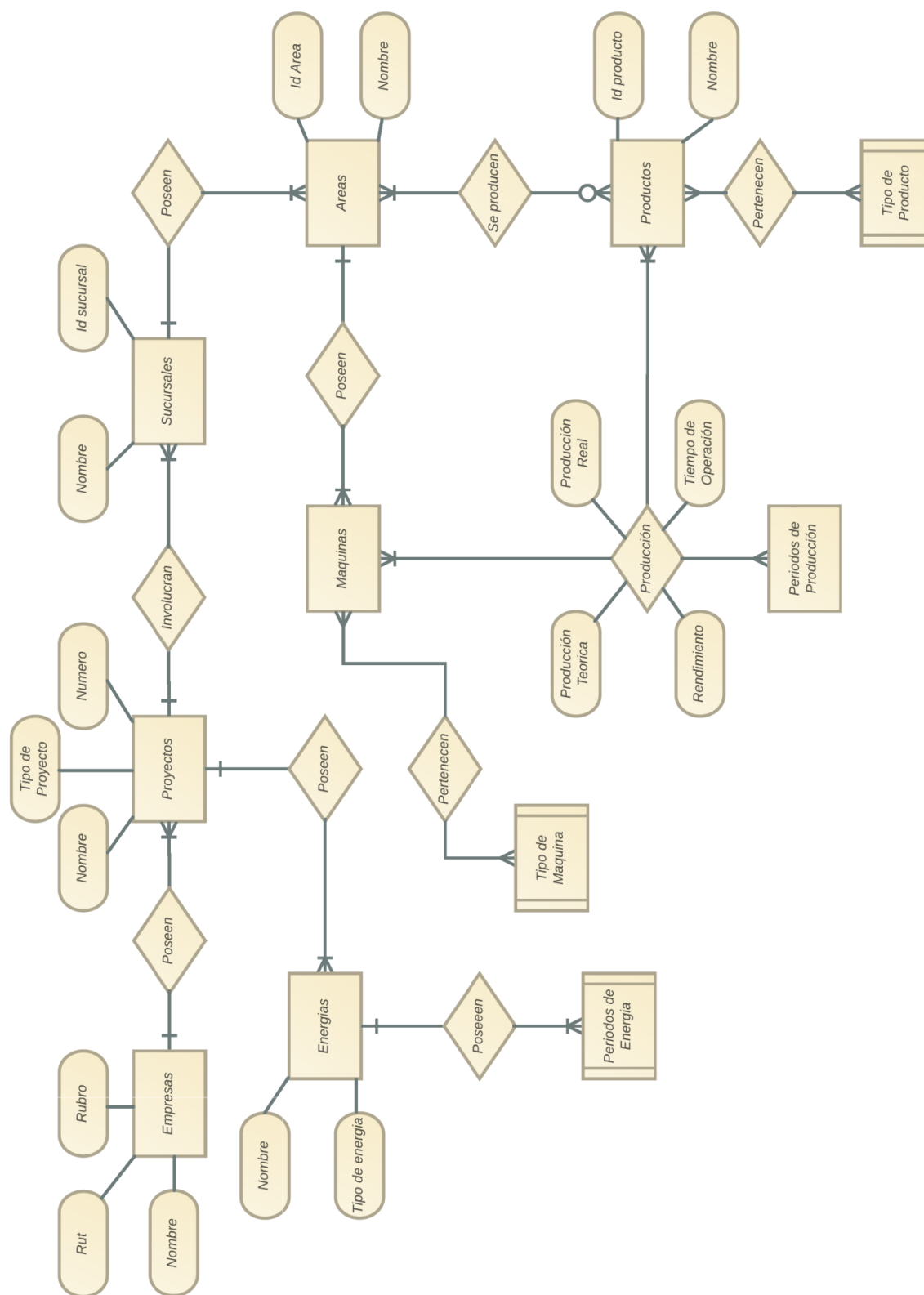


Figura 5.1: Modelo Lógico, para el desarrollo del software prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

de la aplicación será Microsoft Office Access, en el cual se desarrollará la base de datos creando las funciones necesarias para el manejo de datos.

Teniendo presente el software a utilizar y el modelo conceptual, se realizó el desarrollo del modelo relacional, el cual, es posible apreciar en la Figura 5.2. En el modelo de datos relacional se omiten algunas relaciones directas con el hilo conductor del proyecto, el cual, nos permitirá manejar la información mostrada para ciertos parámetros. El hilo conductor será específicamente el número de proyecto en curso.

Cada recuadro dentro del modelo representa una tabla con información, cada atributo representa una columna de la tabla y cada tupla representa un registro en dicha tabla. Las claves se presentan como PK reconocida como llave principal y FK, clave foránea, clave secundaria o “*forean key*”. La PK corresponde al identificador principal de la tabla que normalmente es un número ascendente en los registros autorellenables, o en otras palabras, significa que cada registro se le asigna un nuevo número mayor al anterior. Por otro lado la FK permite relacionar parámetros entre tablas logrando crear un vínculo entre éstas.

El modelo descrito en la Figura 5.2, pasó por las distintas etapas de normalización necesarias para evitar la duplicidad de información en la mayor manera posible en conjunto a las limitaciones del software utilizado que se centran en como presentamos la información o las opciones que tenemos para consultar información.

Como ya se especificó anteriormente la tabla principal es la de proyectos, con ella se enlazan propiedades como Tipo de energía, los periodos de producción y energía, los tipos de máquinas, productos, las sucursales asociadas, los datos de regresión, las máquinas sin producción y los datos de producción. Por otro lado a medida que se especifican distintos datos, estos se van relacionando con distintas tablas para ir segmentando la información necesaria para el desarrollo de un PGE.

Terminado el modelo relacional se debe comenzar a desarrollar la aplicación necesaria para el manejo de datos.

5.3.1. Microsoft Office Access

En este software se identifican diferentes menús y lugares que se pueden apreciar en la Figura 5.3, 5.4 y 5.5. En la Figura 5.3 se aprecia la pantalla principal del programa, en la

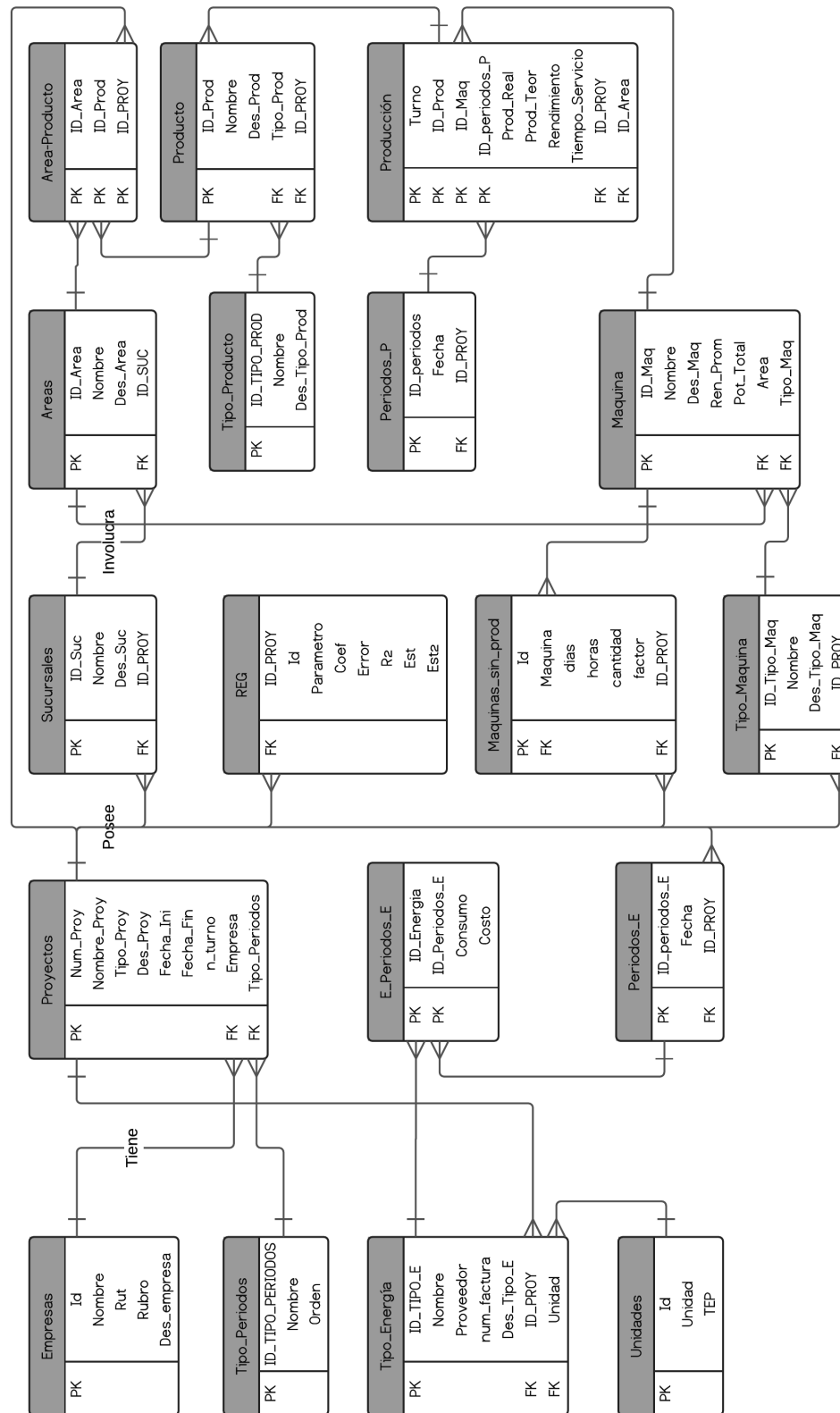


Figura 5.2: Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

parte superior se aprecian las pestañas de navegación y herramientas: Inicio, Crear, Datos Externos y Herramientas de base de datos. Al costado izquierdo se aprecia una barra de navegación con todos los objetos creados, los principales objetos son: Tablas, Consultas, Formularios, Informes y Módulos.

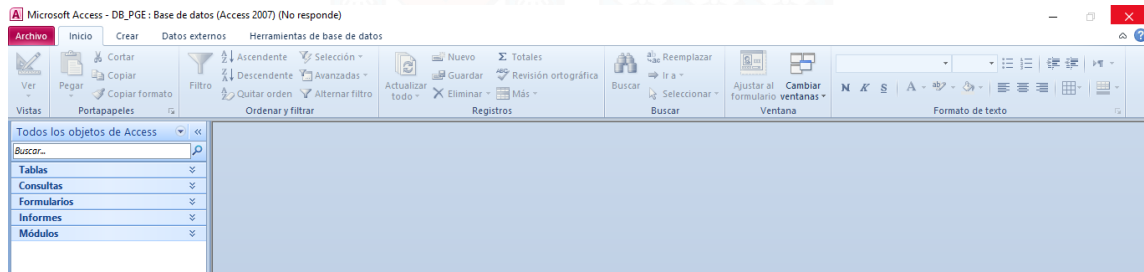


Figura 5.3: Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

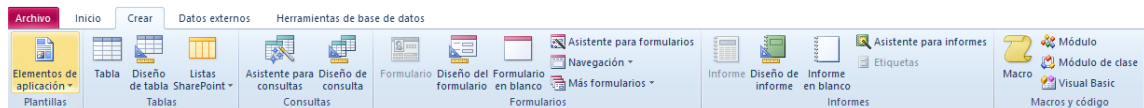


Figura 5.4: Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

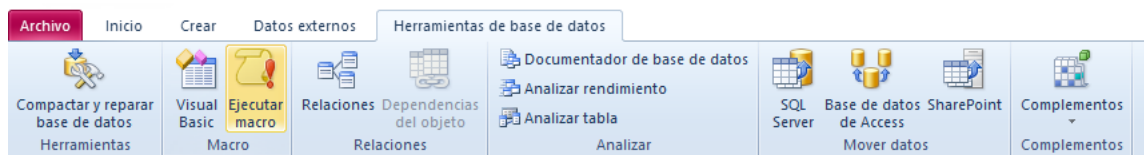


Figura 5.5: Modelo Relacional, para el desarrollo del software prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 5.4 apreciamos la pestaña Crear, en donde se pueden crear los distintos objetos mencionados en el panel de navegación izquierdo de la Figura 5.3. Microsoft Access además de presentar una creación en blanco de estos objetos nos entrega plantillas y asistentes para la su correcta utilización.

Para la Figura 5.5 podemos observar las propiedades de la base de datos, en donde se pueden asociar distintos programas para la inclusión de una base de datos externa. Además

nos entrega una de las principales opciones para la creación de relaciones en nuestra propia base de datos.

Para la gestión de los objetos, se utilizan distintas vistas según la función que se desee realizar. Para desarrollar cualquier cambio o modificación de propiedades dentro de formularios, tablas, consultas e informes, existe la vista diseño. La vista presentación nos da la posibilidad de modificar el diseño y algunas opciones de una tabla, consulta, formulario o informe, observando cómo afectan los cambios a la vista del usuario. La vista formulario nos muestra como el usuario observará e interactuará con ella. Finalmente la vista Tabla dinámica y Vista gráfico dinámico nos permiten presentar una tabla en forma de variables seleccionables para la creación de tablas dinámicas o gráficos dinámicos. La Vista de gráfico dinámico, será una de las principales a la hora de mostrar los análisis para el PGE.

5.3.2. Pasos

El primer paso para la creación del prototipo del sistema, es la creación de todas las tablas necesarias presentes en el modelo relacional. Al crear una tabla es posible especificar directamente la clave principal que poseerá la tabla, por otro lado las claves foráneas solo se incluirán como columnas que luego se relacionaran para lograr la integridad. En el ejemplo de la Figura 5.6 es posible observar como “*ID_Prod*” es la clave principal (representada por una llave al costado izquierdo del campo), pero “*ID_PROY*” no posee identificación alguna a pesar de ser clave foránea. La inclusión de la clave foránea es fundamental para la relación entre tablas y cumplir el modelo relacional propuesto.

Luego de la creación de todas las tablas involucradas, el siguiente paso, implica la creación de las relaciones entre ellas, todas las relaciones deben ser especificadas. En la Figura 5.7 se observa la creación de relaciones presentes, para este caso se observan las tablas “*Tipo_Energia*” y “*unidades*”, la primera presenta la clave foránea “*Unidad*” que se relaciona de muchos a uno con “*Id*” de la tabla “*unidades*”.

Al existir las relaciones correspondientes ya descritas en el modelo relacional (Figura 5.8), se comienza con la creación de formularios, consultas e informes. Al crear formularios es posible incluir objetos dentro de ellos como menús desplegables, listas, botones, etc. . .

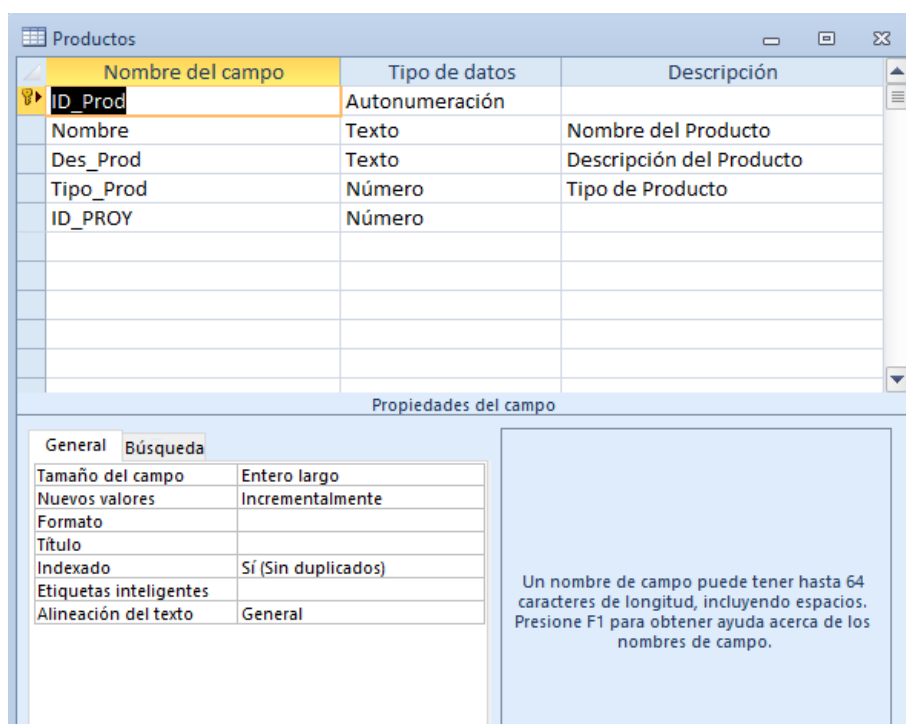


Figura 5.6: Ejemplo visual sobre la edición de tablas en Microsoft Office Access, en el modo diseño.

Fuente: Elaboración propia.

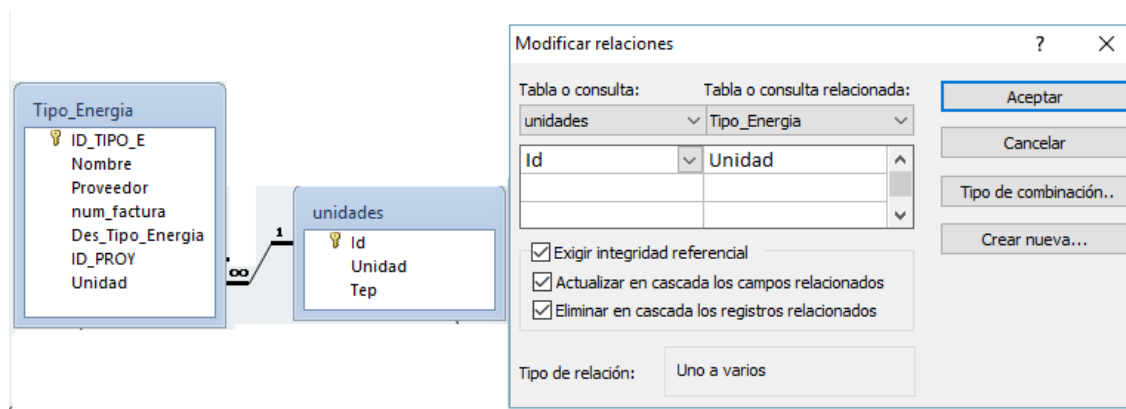


Figura 5.7: Ejemplo visual para la creación de relaciones en la herramienta utilizada.

Fuente: Elaboración propia.

que ayudarán a la navegación del usuario.

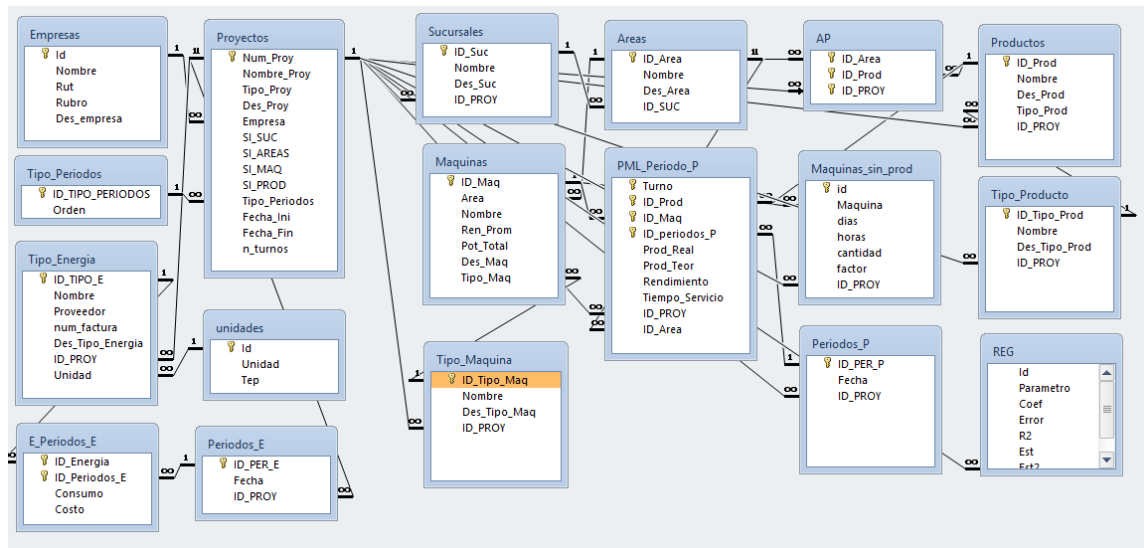


Figura 5.8: Modelado completo de las relaciones pertinentes para el desarrollo del prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

5.4. Software Prototipo

El programa prototipo se presenta con una ventana principal que incluye diferentes botones, además de una pequeña lista desplegable. Según la Figura 5.9 los elementos y orden para la implementación de un PGE son: (1) Ingreso empresas, (2) Ingreso de Proyectos, (3) selección del proyecto y su correspondiente botón de “Carga”. (4) Ingreso de Datos, (5) Análisis nivel 1 y (6) análisis nivel 2.

Cada punto descrito anteriormente nos ayudara a la inclusión de datos, selección de proyecto a analizar y los correspondientes análisis que se pueden llevar a cabo. Para observarlos en mayor detalle se describirán uno por uno:

(1) Ingreso Empresas (Figura 5.10): Al hacer clic en el botón se nos abre una ventana nueva en donde se podrán ingresar los datos de nueva empresa, además de modificar o eliminar registros. Al costado derecho se logra observar una lista de las empresas ya ingresadas al sistema.

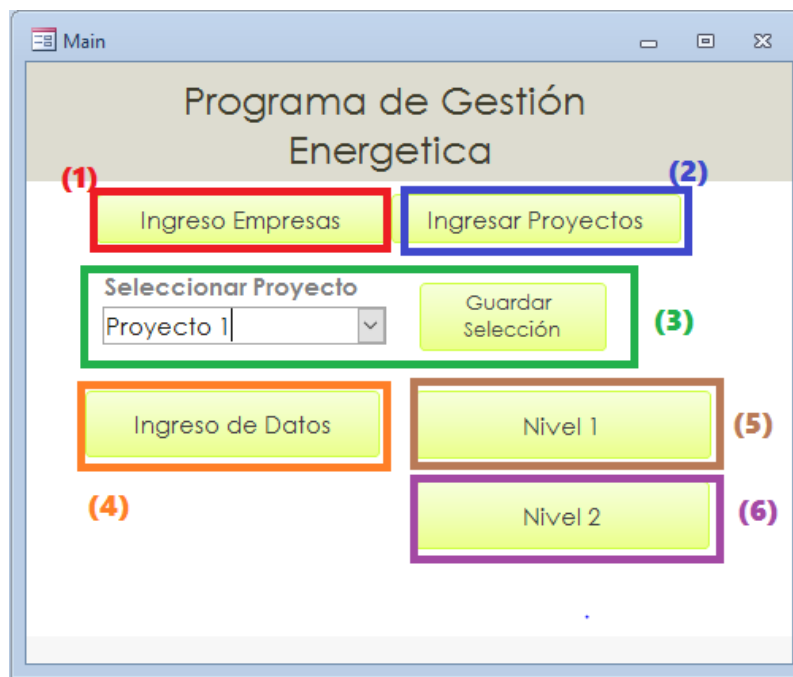


Figura 5.9: Ventana principal del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

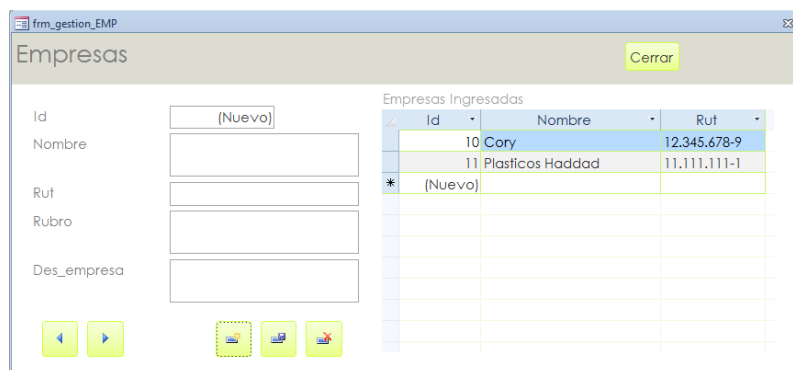


Figura 5.10: Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

(2) Ingreso de Proyectos (Figura 5.11): Correspondiente a una ventana emergente al hacer clic, en ella se pueden apreciar distintos datos a ingresar, así como una barra desplegable para la navegación entre proyectos. Por defecto se nos presenta la posibilidad de crear un nuevo proyecto, pero mediante la navegación entre proyectos es posible modificar los parámetros de cada proyecto o eliminarlos completamente. Los parámetros que se especifican en este apartado son fundamentales y necesarios para el posterior análisis y congruencia de datos, por lo que entre mayor sea el grado de información poseído, de mejor forma se desarrollara el PGE.

Figura 5.11: Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

(a) Tipos de periodos: específicamente enfocados a periodos de producción. En base a los datos propios de la empresa a hacer analizada se debe elegir entre

periodos mensuales, semanales o diarios.

(b) Inicio y fin de evaluación: Las fechas colocadas en estos recuadros indicarán el periodo en estudio de la evaluación, solo se podrán ingresar datos de producción y energía entre las fechas antes señaladas.

(c) N° de turnos: número de turnos implementada por la empresa, normalmente correspondiente a uno diario.

(d) Tipos de energía: Ventana emergente que nos pedirá los datos de las distintas energías que se utilizan en la empresa o en su defecto en el proyecto asociado.

(e) Opciones a considerar: Cada opción posee una casilla seleccionable que nos permitirá ingresar los datos pertenecientes a la correspondiente casilla. Las opciones que tenemos son: Sucursales, Areas, Tipo de Maquinaria y Tipo de Producto. Al no especificar estas opciones el programa automáticamente genera datos “default”. Por ejemplo al no colocar la opción de “Tipo de producto”, automáticamente al guardar el proyecto se generara el tipo de producto “UNICO”.

(f) Guardar o Cerar: El primer botón corresponde al guardado total de las opciones para un proyecto específico. El segundo descarta las opciones y el registro ingresados hasta el momento.

(3) Menú desplegable y “guardado”: Para continuar con el análisis, es necesario seleccionar el proyecto al cual se le asignaran datos o se realizarán los análisis, mediante la selección del proyecto en la lista desplegable y apretando el botón de guardado.

(4) Ingreso de datos (Figura 5.12): Al hacer clic en este botón se nos abrirá una ventana con distintas opciones para el ingreso de datos tanto de productos, maquinarias con y sin producción, además de correspondiente gasto energético:

(a) Ingreso de maquinaria (Figura 5.13): formulario específico para el ingreso de toda la maquinaria que posee el lugar de estudio, incluidas las máquinas que no generan producción.



Figura 5.12: Ventana Ingreso de Empresas del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

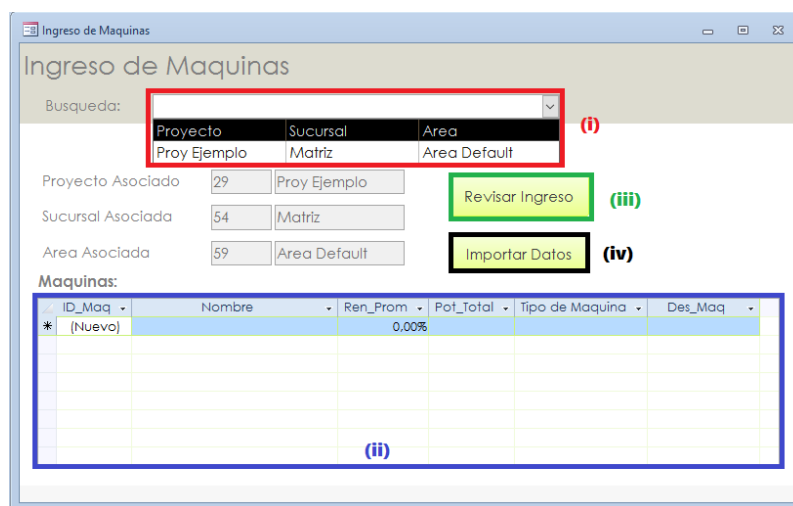


Figura 5.13: Ventana Ingreso de Maquinaria del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (i) **Búsqueda:** Lista desplegable en donde se pueden especificar la sucursal y un área asociada a las que pertenecerán las máquinas ingresadas.
 - (ii) **Cuadro de ingreso:** Tabla en la cual se ingresan los datos de cada máquina asociada a la sucursal y área, se debe ingresar nombre, rendimiento promedio, potencia total y especificar el tipo de máquina.
 - (iii) **Revisar ingreso:** ventana emergente que nos permite observar todas las máquinas ingresadas al sistema.
 - (iv) **Importar datos:** Mediante este botón es posible importar los datos de maquinaria desde un archivo Excel el cual en su primera hoja debe contener en un orden específico los datos necesarios para el programa.
- (b) **Ingreso de Productos (Figura 5.14):** formulario para el ingreso de todos los productos de la empresa.

Figura 5.14: Ventana Ingreso de Productos del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (i) **Cuadro de ingreso:** Tabla en la cual se ingresan los datos de cada producto, ingresando nombre, tipo y una descripción opcional.
- (ii) **Revisar relaciones:** Mediante este botón se ingresa a un nuevo formulario en donde se debe especificar que producto está asociado a que área, esto debido a que un producto puede ser fabricado en más de un área, así como también cada área puede producir variados productos.

- (iii) **Auto Rellenar:** En caso de que todos los productos sean producidos por todas las áreas, el programa automáticamente ingresa las relaciones correspondientes.
- (iv) **Importar Datos:** Importe de datos desde planilla Excel mediante un formato específico.
- (c) **Ingreso de consumo energético (Figura 5.15):** Formulario para el ingreso de datos sobre consumo energético para cada tipo de energía especificada en el apartado Proyectos del programa.

Fecha	Nombre	Consumo	Costo
01-01-2016	Bencina 93		
01-02-2016	Bencina 93		
01-03-2016	Bencina 93		
01-04-2016	Bencina 93		
01-05-2016	Bencina 93		
01-06-2016	Bencina 93		
01-07-2016	Bencina 93		
01-08-2016	Bencina 93		
01-09-2016	Bencina 93		
01-10-2016	Bencina 93		
01-11-2016	Bencina 93		
01-12-2016	Bencina 93	(ii)	
01-01-2017	Bencina 93		

Figura 5.15: Ventana Ingreso de consumo energético del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (i) **Botones de Navegación:** Con los botones de navegación es posible seleccionar el tipo de energía al que se desea ingresar producción.
- (ii) **Cuadro de Ingreso:** Tabla que presenta la energía asociada y periodo asociado, los periodos para el consumo energético siempre aparecen de forma mensual y es necesario ingresar los datos de consumo y costos.
- (d) **Ingreso de producción por máquina o producto:** Es posible ingresar la producción de dos formas distintas en base a la forma en que se produce en la empresa. En el caso de Ingreso por Máquina (Figura 5.16):

ID	Nombre	Area	Turno	Producto	Producción Real	Producción Teórica	Tiempo de Servicio
1402	Maquina 1 (torno)	Area Default	1				
1403	Maquina 2 (fresa)	Area Default	1				
1404	Maquina 3 (taladr)	Area Default	1				
1405	Maquina 4 (taladr)	Area Default	1				

Figura 5.16: Ventana Ingreso de Producción por Máquina del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (i) **Panel de Navegación:** Los botones de navegación nos permiten seleccionar la fecha de producción estas fechas vienen dadas según los parámetros utilizados en las propiedades del proyecto, por lo que si se escogió un tipo de periodos diario, entre dos fechas específicas, la navegación irá día a día.
- (ii) **Cuadro de Ingreso:** Dentro del cuadro de ingreso se nos presenta la información de las máquinas y turnos asociados que se han especificado anteriormente, en este caso se deberá seleccionar que producto fue producido por la máquina descrita, colocando su producción real, teórica, y tiempo de servicio (horas de funcionamiento).
- (iii) **Importar Datos:** Al igual que en formularios anteriores se da la opción de importar los datos directamente de Excel con un formato establecido.

Para el caso de Ingreso por producto (Figura 5.17): El único cambio que se aprecia en comparación al formulario anterior es que se debe seleccionar la máquina con que se realizó el producto

ID	Nombre	Area	Turno	Maquina	Producción Real	Producción Teórica	Tiempo de Servicio
3791	Producto Nuevo	Area Default	1				
3792	Producto Viejo	Area Default	1				
3793	Producto Verde	Area Default	1				

Figura 5.17: Ventana Ingreso de Producción por Producto del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

(e) **Ingreso Máquinas sin producción(Figura 5.18):** Al hacer clic, se abrirá una ventana en donde se especificaran datos para una máquina en particular que no produzca ningún producto. La inclusión de datos como días de funcionamiento semanal, horas de funcionamiento diario, la cantidad de máquinas, factor de corrección y el proyecto relacionado. Los datos permiten extrapolar un consumo fijo mensual en todo el espectro del proyecto. Adicionalmente las máquinas ingresadas aparecerán al costado izquierdo.

Figura 5.18: Ventana Ingreso de Máquinas sin Producción del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

(f) **Proyecto relacionado:** proyecto que esta intrínsecamente relacionado con los datos que serán ingresados.

(5) **Nivel 1 (Figura 5.19):** en esta ventana se aprecian los análisis a realizar con los datos ingresados en el apartado ingreso de datos, los análisis se centran en el desarrollo automático de gráficos dinámicos que ayudarán en la toma de decisiones respecto al PGE:

(a) **Gráfico Matriz Energética:** Al hacer clic en este botón se genera de forma automática un gráfico de pastel en base a los datos de consumo energético. Este gráfico es de carácter dinámico por lo que se puede decidir que datos se desean ver, es posible segmentar esta matriz energética por año, por trimestre, mes, etc... para luego imprimir la selección automáticamente.

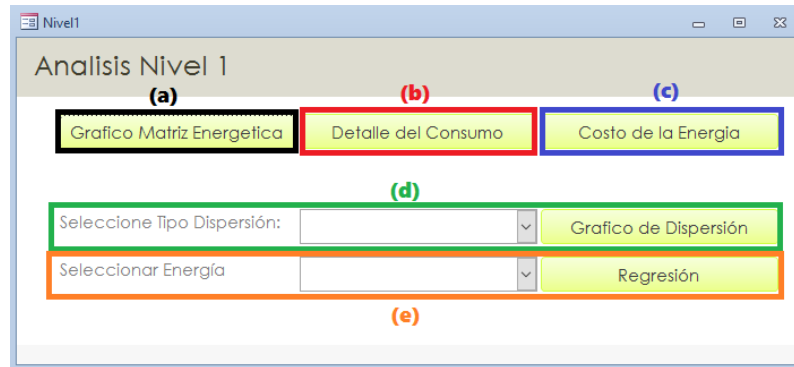


Figura 5.19: Ventana Análisis Nivel 1 del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (b) Detalle del consumo:** Al igual que en el caso anterior nos encontramos con un gráfico dinámico en base a los datos ingresados para luego imprimir directamente los resultados. En este caso es posible segmentar por la energía que se desea observar el detalle del consumo energético vs tiempo.
- (c) Costo de la energía:** Para este caso los datos dinámicos se encuentran en la energía seleccionada para su análisis, sobreponiendo los años para una correcta visualización. Es posible imprimir los resultados directamente.
- (d) Seleccionar Tipo de dispersión y su Grafico:** Es posible realizar un gráfico de dispersión entre Consumo y Producción, en base a algún tipo especificado. Es posible realizar esta dispersión en base a las Áreas, Productos, Máquinas, Tipos de Productos y Tipos de Máquinas. El gráfico es dinámico dejando la posibilidad de elegir la energía a analizar.
- (e) Seleccionar Energía y Regresión:** Uno de los puntos importantes en el análisis de nivel 1 es la de descubrir la relación existente entre el la energía de mayor consumo y la producción. Al hacer clic en “regresión” tomará los valores de las listas de tipo de dispersión y energía. Se abrirá una nueva ventana para incluir los parámetros que deseemos en la regresión.

Cálculo de Regresión (Figura 5.20): Esta ventana nos permitirá definir los parámetros para aplicar la regresión lineal deseada.

- (i) Energía Seleccionada:** Cuadro que nos muestra que datos de consumo

Figura 5.20: Ventana Análisis Nivel 1 del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

utilizaremos.

- (ii) Lista Multi-selección:** En este recuadro se deberá seleccionar siempre consumo que corresponderá a nuestra variable dependiente (Y), y los parámetros que queramos considerar en la correlación múltiple (X), como máximo se deben elegir 36 parámetros para la generación de la regresión debido a las limitaciones de Excel.
- (iii) Datos Seleccionados:** Recuadro que nos muestra las variables a considerar.
- (iv) Generar Regresión:** Al hacer clic en este botón nos pedirá seleccionar el Excel establecido para la regresión (Regresión.xls), el cual viene adjunto dentro de la carpeta del programa.
- (v) Generar Informe:** Al hacer clic se abrirá una nueva ventana con el informe asociado. En él se aprecian los coeficientes relacionados y su error típico, la fórmula de correlación múltiple generada (Función Global de Energía) con su respectivo r^2 , el indicador de energía no asociada (%) y la formula de índice consumo – producción (IC vs P). Este informe puede imprimirse

directamente con el botón correspondiente.

- (6) **Nivel 2 (Figura 5.22):** Al hacer clic sobre este botón se nos abre una nueva ventana que contempla los análisis para el nivel 2 del PGE. En este se analizan los datos referentes a consumo energético de cada máquina, además de un informe de producción.

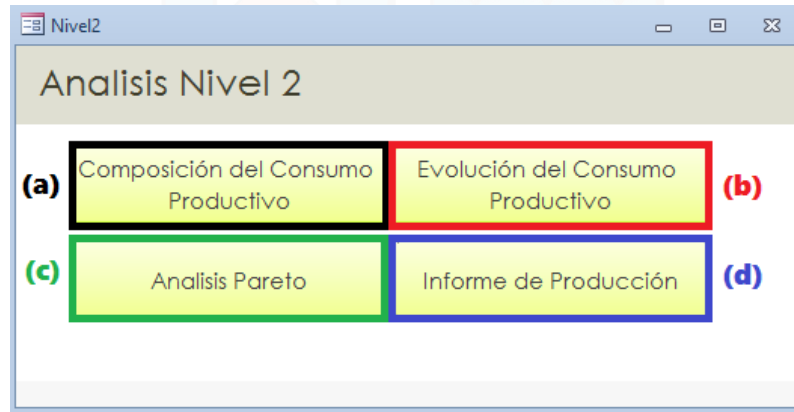


Figura 5.21: Ventana Análisis Nivel 2 del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

- (a) **Composición del consumo Productivo:** La composición del consumo productivo nos muestra un informe con un gráfico dinámico de pastel con la distribución del consumo en base a los tipos de máquina, teniendo la posibilidad de seleccionar las fechas a mostrar. Es posible imprimir directamente el gráfico.
- (b) **Evolución del consumo productivo:** Se muestra un gráfico dinámico con el consumo productivo en base al transcurso del tiempo, es posible seleccionar la energía a analizar.
- (c) **Análisis Pareto:** Nos entrega un informe con un gráfico dinámico en el cual se puede apreciar la composición del consumo por máquina y el porcentaje acumulado.
- (d) **Informe de Producción** Al hacer clic sobre el botón se nos abrirá una ventana que permitirá generar un informe de producción en base a los parámetros que nosotros elijamos. Al apretar el botón generar informe es posible tanto observar por pantalla como imprimir el resultado del filtro.

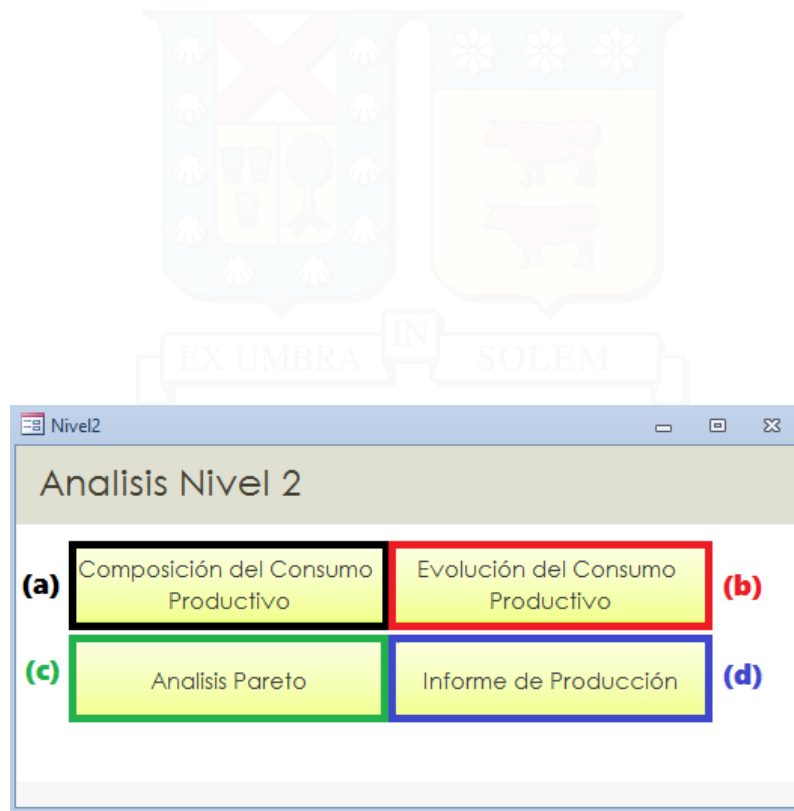


Figura 5.22: Ventana Informe de Producción del Software Prototipo.

Fuente: Elaboración propia.

6 | Casos Aplicados

6.1. Exportación de Mejillones

El primer caso aplicado se centra en la empresa analizada por Miguel Silva Díaz en su tesis de para postulación de magister en gestión empresarial ([Silva Díaz, 2015](#)). Esta empresa corresponde a una exportadora de mejillones (Choritos) ubicada en la X Región. La empresa posee 16 años en la industria alimentaria, elaborando moluscos cocidos congelados sellados al vacío, contando con un gran capital humano. Desde el año 2008 se ha trabajado en un plan estratégico para profesionalizar la empresa y realizar innovación a nivel productivo y organizacional.

Para el estudio se consideraron los periodos comprendidos entre enero de 2014 y junio de 2015 considerando una producción mensual de Kg. De Mejillones. A pesar de estar nombradas la mayor parte de las maquinarias, no existe segmentación alguno, se asume un producto único.

Por temas de simplicidad y falta de información sólo se considera la producción por parte de una máquina, lo que generara la posibilidad de hacer un análisis de Nivel 1 en el PGE.

6.1.1. Análisis Nivel 1

- Determinación de la Matriz Energética de la empresa:

En la Figura 6.1, se presenta la matriz energética de la empresa, respecto al uso de energías y combustibles. Se observa que el mayor consumo de energía pertenece a la eléctrica con un 72 % del consumo en toneladas de petróleo equivalente. De forma

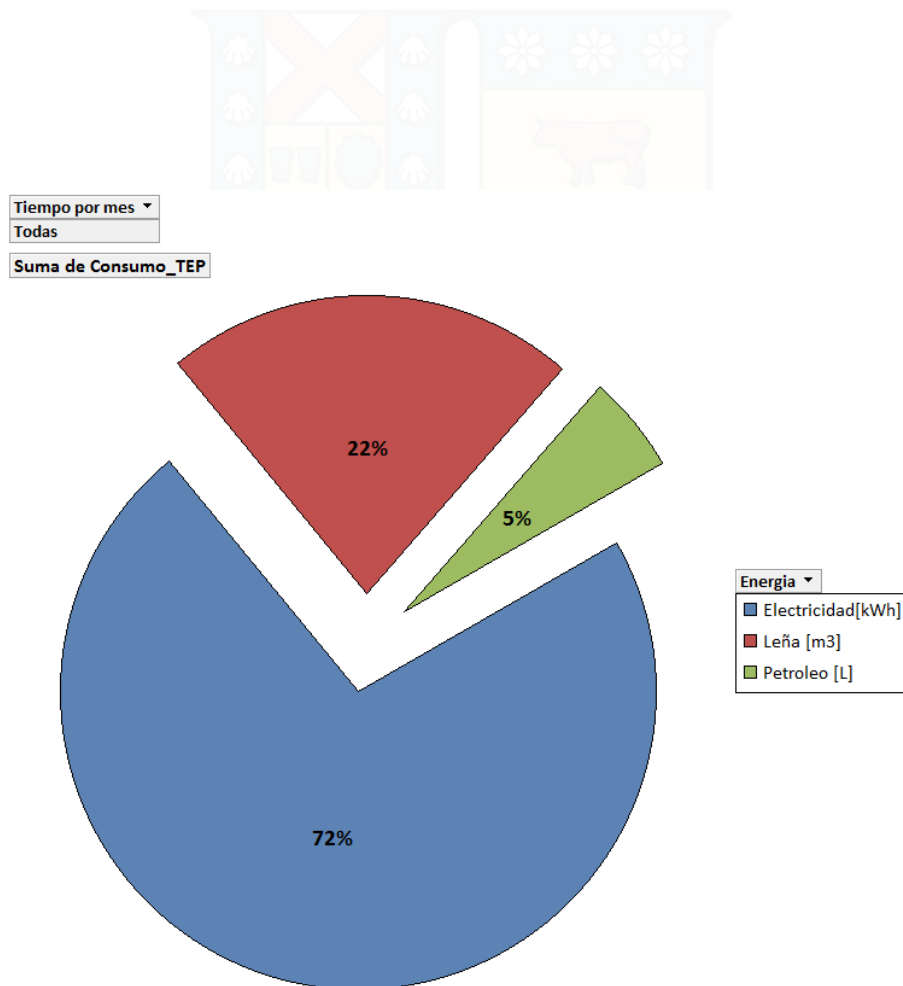


Figura 6.1: Distribución del consumo de energías de empresa en estudio, consumo total de 248,03 [tep].

Fuente: Elaboración propia.

contraria se aprecia el reducido consumo de petróleo. En base a estos resultados todo esfuerzo o propuesta para disminuir el consumo eléctrico se traducirá en un descenso de los costos asociados a energía influyendo de forma significativa.

■ Detalle del consumo energético de la Empresa

Como se logró observar en el gráfico anterior la energía eléctrica representa el mayor gasto energético de la empresa, esto es debido a la demanda de equipos eléctricos tanto en planta como en oficina, en conjunto al sistema de iluminación de la empresa. La tarifa eléctrica a la cual se encuentra asociada la empresa es la AT4-3 distribuida por la empresa SAESA. Por lo que se deberían poseer los datos para temas de factor de potencia presentes en los periodos de estudio. El detalle del consumo eléctrico de la empresa se presenta en la Figura 6.2, en la cual no se logra apreciar definidas tendencias. Se aprecia un aumento del consumo hacia los meses de abril y mayo de 2015, y un consumo mínimo en el mes de agosto. Estos valores se deben principalmente a las capacidades de oferta por parte de la empresa y la demanda concreta. Cabe destacar que la empresa aún se encuentra en procesos y medidas de mejora.

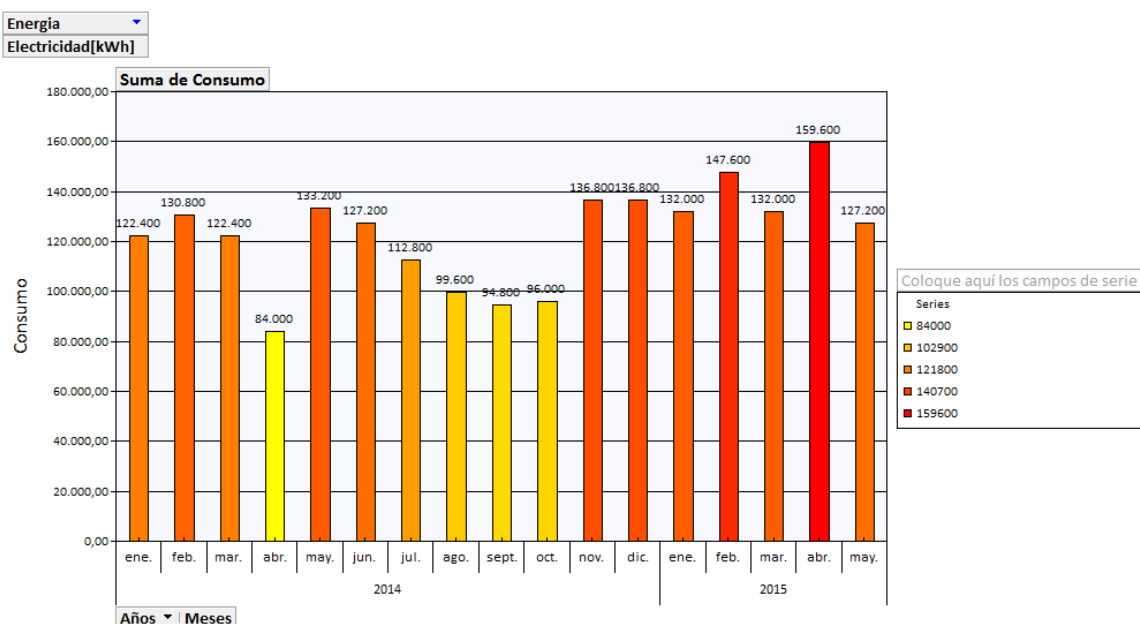


Figura 6.2: Detalle del consumo eléctrico de la empresa en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

Los combustibles utilizados por la empresa corresponden a Petróleo Diésel y Leña nativa de tipo Tepú. El petróleo se utiliza principalmente para el funcionamiento de motores para una caldera. La leña por otro lado es utilizada en la caldera para el equipo cocedor de productos, en él se dejan cuatro minutos los productos para luego pasar al proceso de enfriamiento. Es importante mantener un grado de humedad en la leña lo más bajo posible, ya que afecta directamente en el proceso de combustión. Desde que se enciende la caldera hasta el punto en que es óptima la transferencia de calor costa de 2 horas, para luego ser supervisada en base a experiencia por los operarios. Debido a estas circunstancias es fundamental considerar los operarios de la caldera, el cambio o falta de un empleado más experimentado puede generar pérdidas significativas en términos de producto a la empresa.

Los gráficos correspondientes sobre el detalle de consumo de Leña y Petróleo se observan en las Figuras 6.3 y 6.4 correspondientemente. Según el gráfico para el consumo de leña se logra apreciar como el pick de consumo se genera debido al incremento de demanda en ese periodo. Por otro lado en el gráfico del consumo de Petróleo, no se observa una relación significativa.

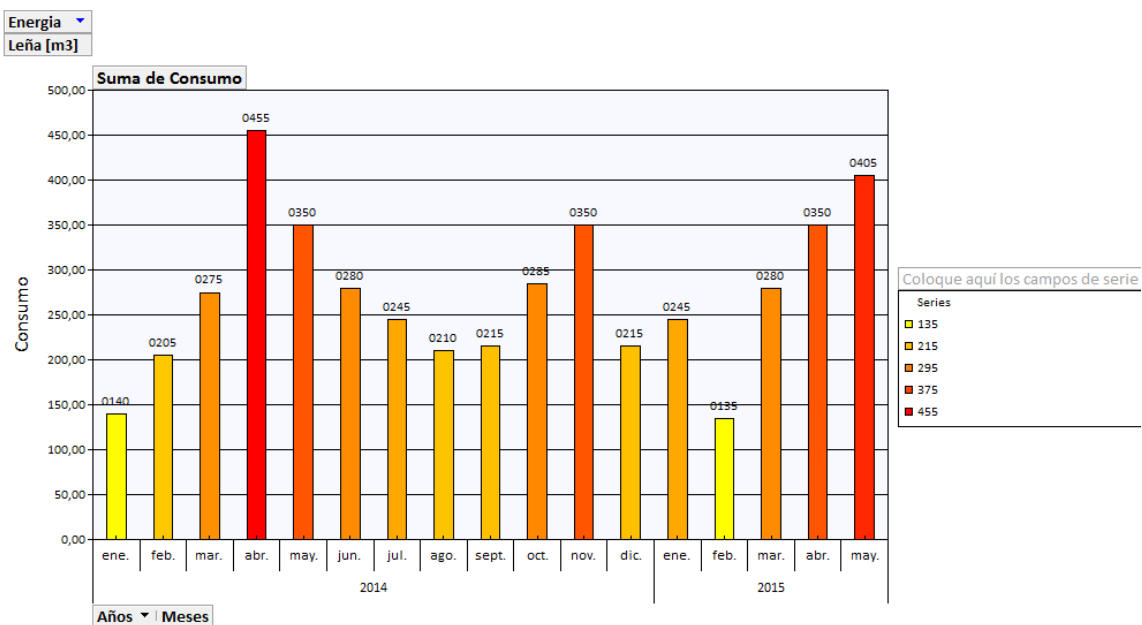


Figura 6.3: Detalle del consumo de Leña de la empresa en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

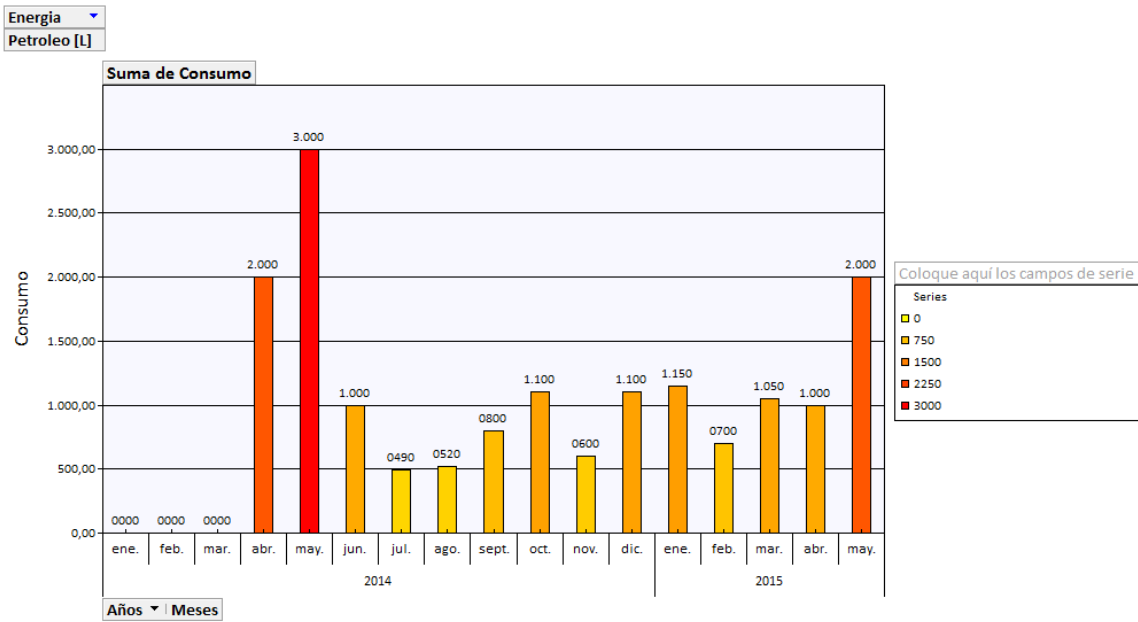


Figura 6.4: Detalle del consumo de Petroleo de la empresa en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

■ Relación entre consumo de energía y producción:

Según los datos obtenidos para producción y consumo eléctrico mensual, de la empresa en estudio, se realiza una modelo de regresión que relacione la electricidad consumida por la empresa con su nivel de producción.

En el gráfico de la Figura 6.5 es posible apreciar una baja correlación de los datos lo cual será analizado en el informe de regresión. Aun así se presentan los datos con colores según las mejores muestras (color verde) en contraste a los peores (color rojo). Para el análisis de regresión lineal se toma como variable dependiente el consumo eléctrico mensual, y variable independientes la producción mensual de kg. De Mejillones.

La Figura 6.6 nos muestra el informe de regresión entregado por el software prototipo en el que se pueden apreciar los parámetros, coeficientes y errores típicos. En él se observa un muy bajo factor de correlación (r^2), probablemente debido a la poca influencia que posee la producción sobre el gasto energético de la empresa.

Finalmente según los resultados expuestos es claro que existe un problema con el uso

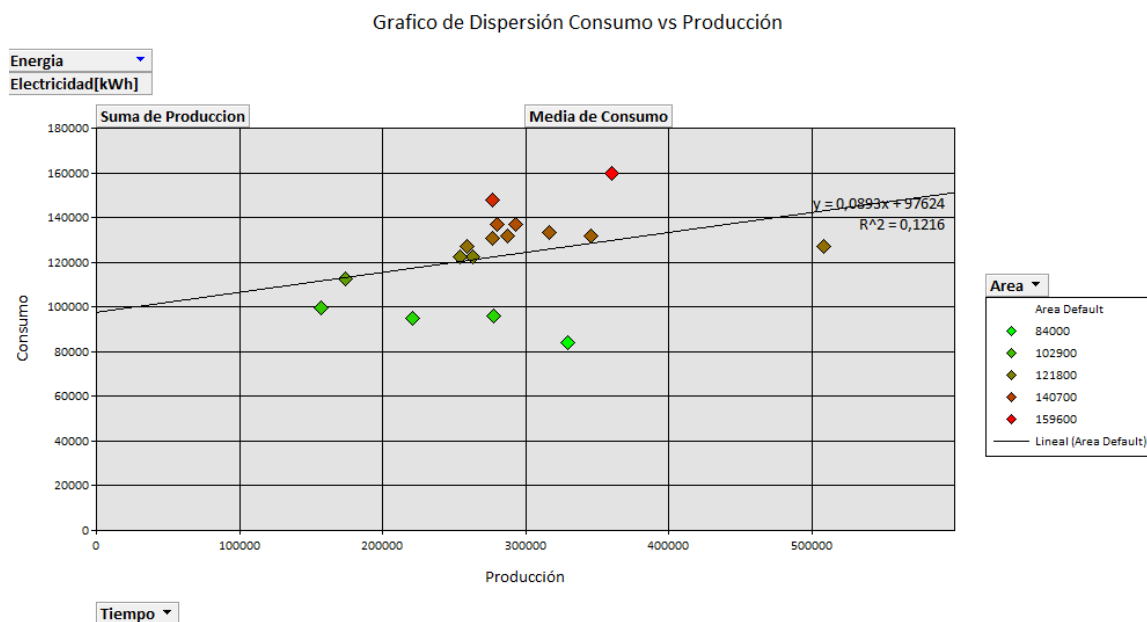


Figura 6.5: Grafico de dispersión entre los datos de consumo eléctrico y producción de tipos de producto para la empresa en estudio.

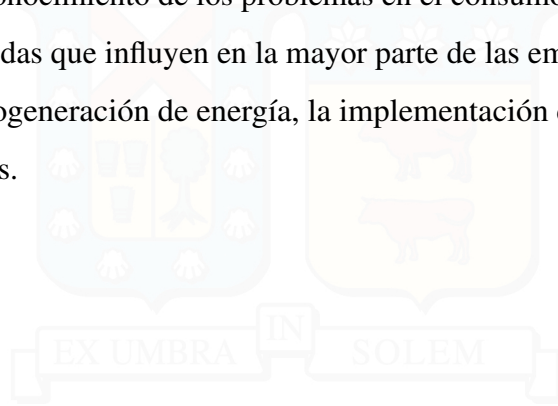
Fuente: Elaboración propia.



Figura 6.6: Informe de regresión generado en base a los datos de consumo eléctrico mensual y producción mensual de la empresa en estudio.

Fuente: Elaboración propia.

de la energía eléctrica en la empresa que debe ser analizado en mayor detalle y profundidad. Por esto se recomienda realizar una correcta definición de productos intermedios y tipos de maquinaria, además de los datos faltantes para lograr desarrollar un análisis de Nivel 2. Por otra parte el tener el conocimiento de los problemas en el consumo de energía eléctrica se pueden proponer medidas que influyen en la mayor parte de las empresas productivas que corresponden a la autogeneración de energía, la implementación de mejores sistemas de iluminación entre otros.



6.2. Auditoria Plásticos Haddad.

El segundo caso aplicado corresponde al de la empresa Plásticos Haddad S.A., a una auditoria energética realizada por Francisco Dall'Orso y Jose Manuel Lobo ([Dall et al., 2013](#)). En ella se apunta a mejorar los problemas medio ambientales de la empresa, mediante la generación de la sostenibilidad en el uso de los recursos desde la perspectiva del consumo eficiente y consiente de la energía.

Plásticos haddad S.A. empresa fundada en 1950 por don Rolando Haddad Abdallah ha estado en constante crecimiento, evolucionando sus procesos productivos, materias primas y calidad de productos. La empresa al año 2005 se certificó bajo la norma de calidad ISO 9001 y el año 2010 la recertificación, bajo la norma ISO 9001:2008.

La empresa cuenta con una amplia infraestructura, ubicada en Av. José Ananías 444, Macul. Consta de un edificio y tres galpones. El edificio comprende principalmente la zona administrativa de la empresa y los galpones una mezcla entre producción y bodega. En las bodegas no existe una clasificación según tipos de productos ya que las máquinas se adecuan a la demanda que sufre la empresa.

Respecto a las máquinas se observan 37 máquinas de soplado, 33 de inyección y una gran máquina rotatoria las cuales se suministran a partir de 4 máquinas de calentamiento de agua, 4 máquinas de aire comprimido y 18 molinos. Adicionalmente cuenta con un generador en base diesel que sólo se utiliza en caso de corte del suministro eléctrico.

Para la implementación del PGE se trabaja con un análisis según tipo de máquinas, donde sobresalen por su consumo energético, las máquinas inyectoras y las sopladoras, además de los sistemas de refrigeración, molinos y aire comprimido por su importancia en el proceso productivo.

La empresa cuenta con una gama de más de 900 productos, todos ellos de plástico, produciendo desde tambores, bidones, botellas y diversas tapas, juguetes para niños, aseo personal, sillas, mesas, etc.

Los correspondientes datos para el análisis pertenecen a los periodos comprendidos entre Enero de 2012 y Junio de 2013. Después de la inclusión de los datos al programa computacional los resultados que podemos encontrar se aprecian a continuación.

6.2.1. Análisis Nivel 1

- Costo energético de la empresa:

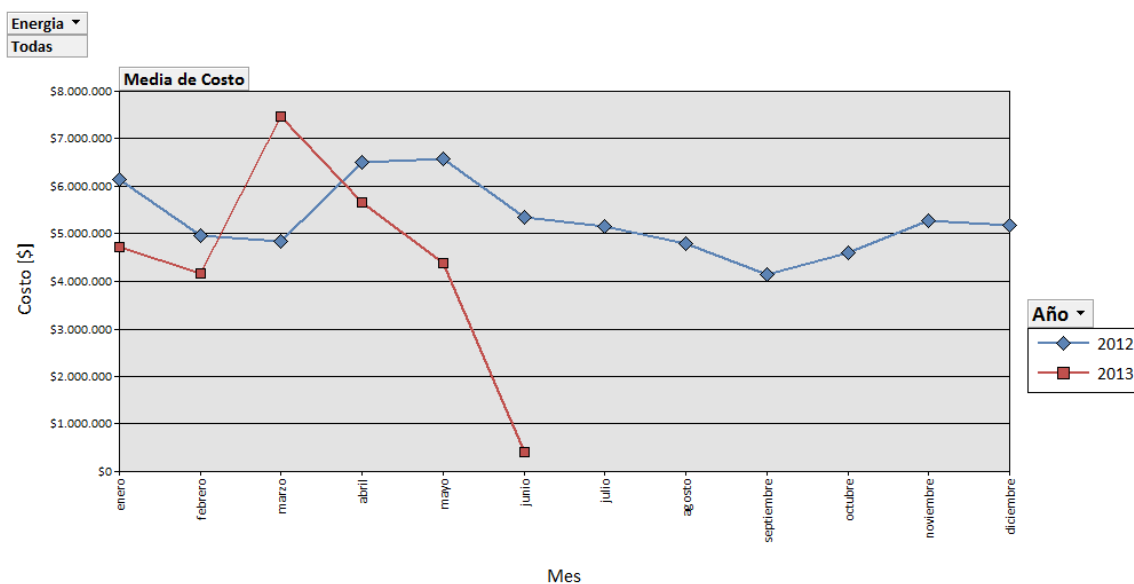


Figura 6.7: Facturación mensual por consumo de energía en Plásticos Haddad.

Fuente: Elaboración propia.

El consumo de energía en Plásticos Haddad, desde enero del 2012 hasta Junio de 2013, se distribuyó según mes del año. Según la Figura 6.7, es posible apreciar que el máximo gasto que se genera en el mes de marzo del 2013, mes en el que la producción total de la empresa también registró su máximo valor. Por otro lado se observa un fuerte descenso en el mes de junio debido a la falta de información y datos por parte del caso. Adicionalmente es posible apreciar que los costos no presentan una estacionalidad marcada debido a la fluctuante demanda.

- Determinación de la Matriz Energética de la empresa:

En la Figura 6.8, se presenta la matriz energética de la empresa, respecto al uso de energías y combustibles para satisfacer su demanda de producción. Se observa que el mayor consumo de energía pertenece a la eléctrica con un 87 % del consumo en toneladas de petróleo equivalente, en contraste al gas natural que no alcanza a ser el 1 % durante el periodo de estudio. De lo anterior se extrae que cualquier acción

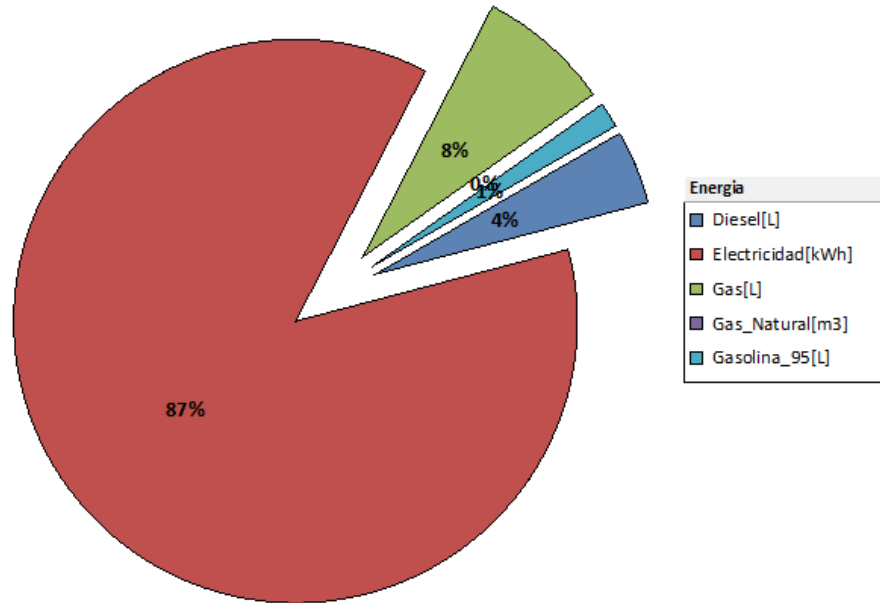


Figura 6.8: Distribución del consumo de energías de Plásticos Haddad S.A., consumo total de 648,8 [tep].

Fuente: Elaboración propia.

que se aplique para disminuir el consumo de ella generará un gran impacto, esto debido a que se utiliza en la mayor parte de las maquinarias además de iluminaria y los sistemas de refrigeración.

■ Detalle del Consumo energético de la empresa:

El consumo de la energía se centra principalmente en la energía eléctrica, la cual es posible apreciar en la Figura 6.9. En ella se logra apreciar que el mayor consumo se produce en marzo de 2013 debido al alto nivel de producción de este periodo. Además se aprecia como en los meses de invierno el consumo aumenta probablemente debido al mayor calentamiento necesario de máquinas y sistemas de calefacción.

Respecto al consumo de las energías suplementarias correspondientes destaca el consumo de gas licuado (Figura 6.10), el cual es utilizado para servicios secundarios como movimiento de material, calefacción, cocina y baños. El consumo de gasolina de 95 octanos y diesel (Figura 6.11) son utilizados para el transporte en temas de despacho, la diferencia generada entre diesel y gasolina probablemente es generada

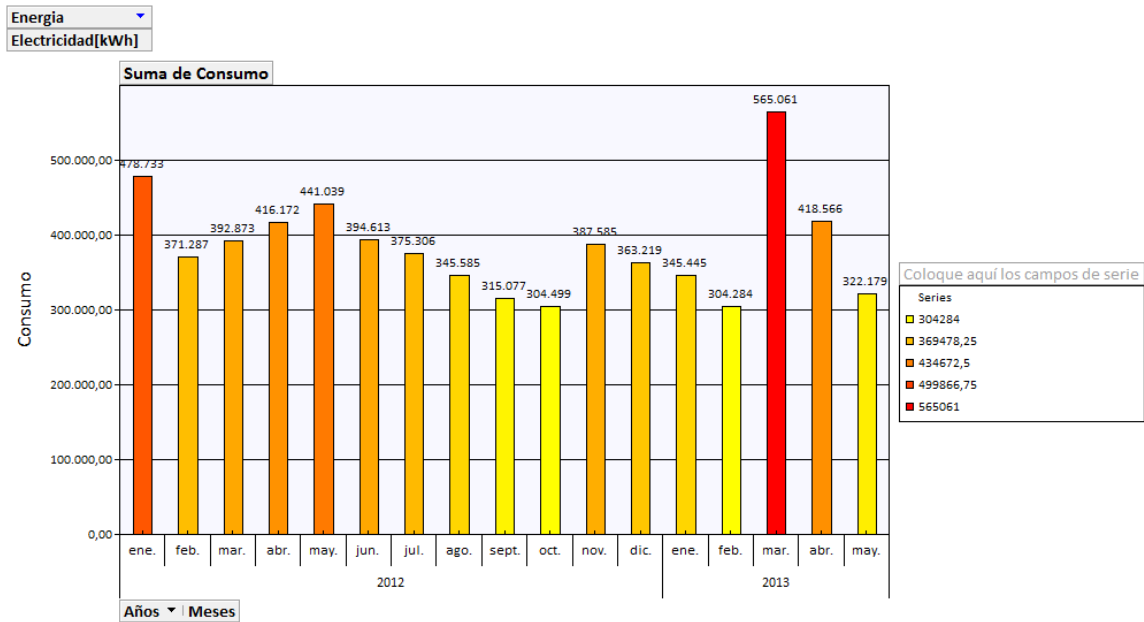


Figura 6.9: Detalle del consumo eléctrico de Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

por la flota de camiones de la empresa. Finalmente el gas natural (Figura 6.12) es sólo utilizado para el funcionamiento de la máquina rotacional, por lo que su consumo se apreciará sólo en alguno meses.

■ Relación entre consumo de energía y producción:

A partir de los datos, tanto de producción como de consumo eléctrico mensual, de Plásticos Haddad se realiza una modelo de regresión que relacione la electricidad consumida por la empresa con su nivel de producción. Dentro de este análisis se puede elegir una segmentación de la producción en base a áreas, productos, máquinas, tipos de máquina o tipos de producto. Para este caso se ha seleccionado la segmentación por tipos de producto para lograr un mayor análisis. Los productos fueron segmentados en “Grandes”, “Medianos” y “Pequeños” según sus especificaciones.

Es así como se tiene como variable dependiente el consumo eléctrico mensual, y variables independientes las producciones mensuales de los tipos de producto. El gráfico correspondiente a la dispersión de los datos consumo-producción se presenta en la Figura 6.13, en ella es posible apreciar como los datos correspondientes a los

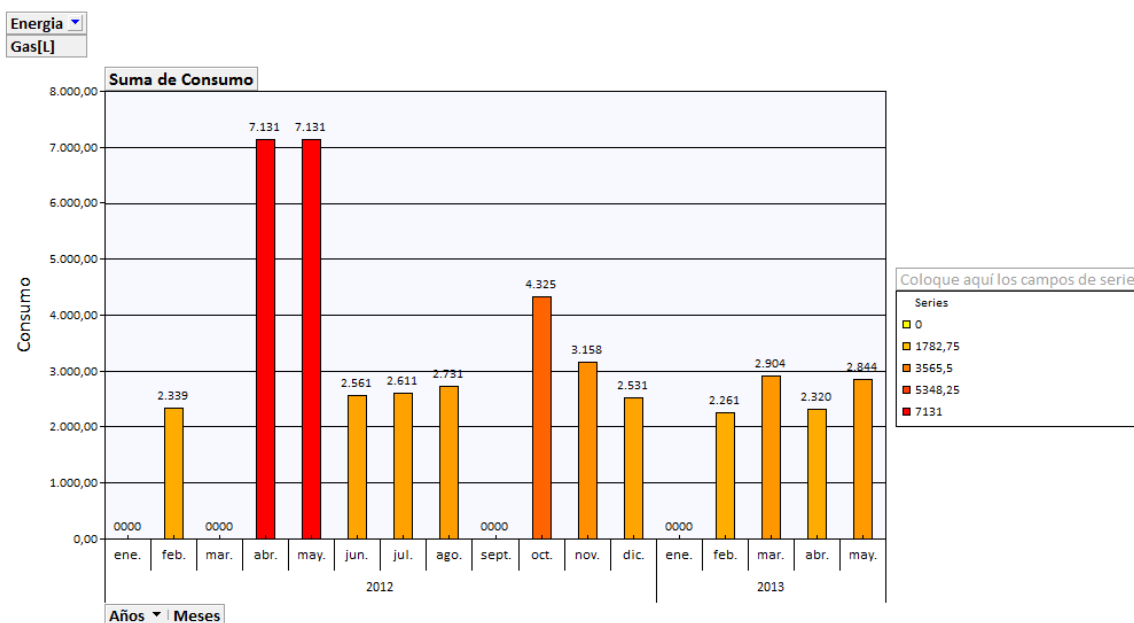


Figura 6.10: Detalle del consumo para gas licuado de Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

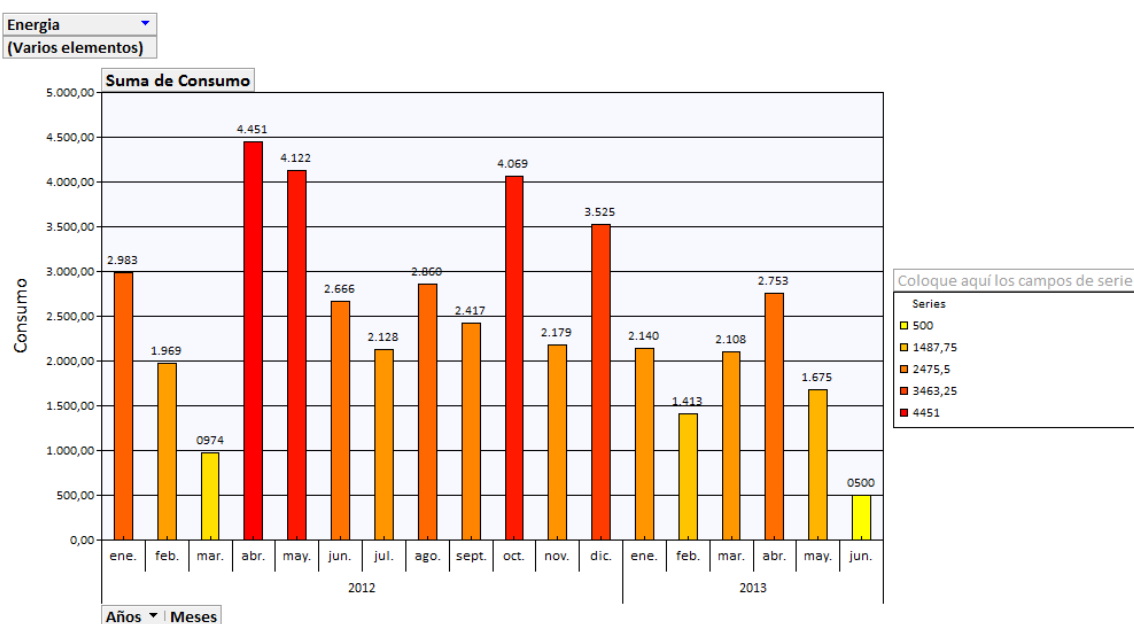


Figura 6.11: Detalle del consumo de bencina de 95 octanos y diesel para Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

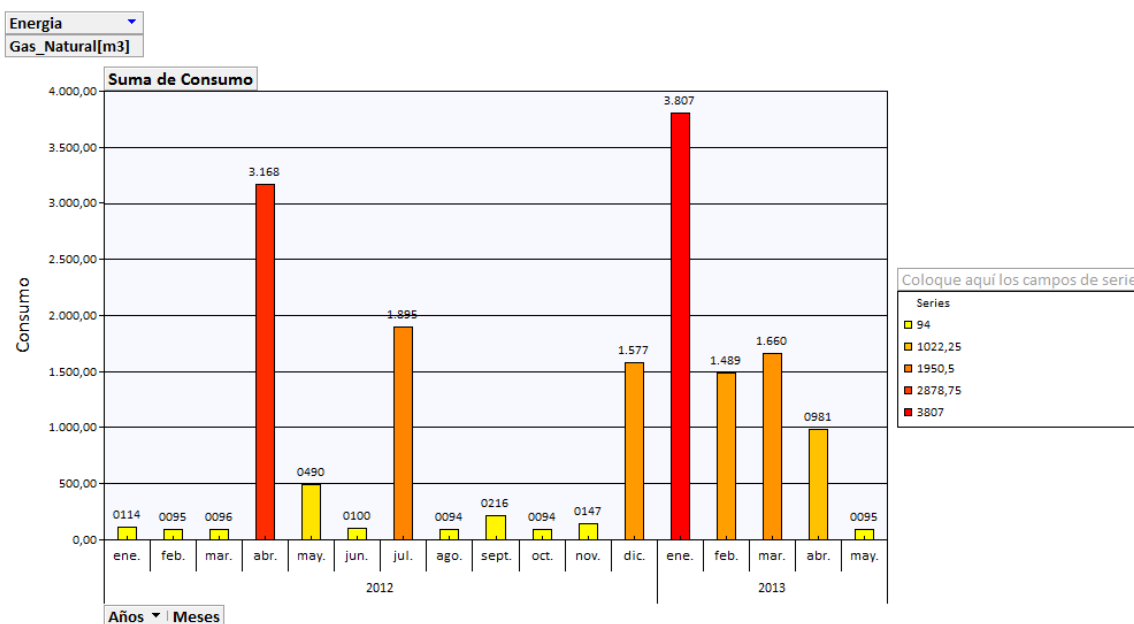


Figura 6.12: Detalle del consumo de gas natural de Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

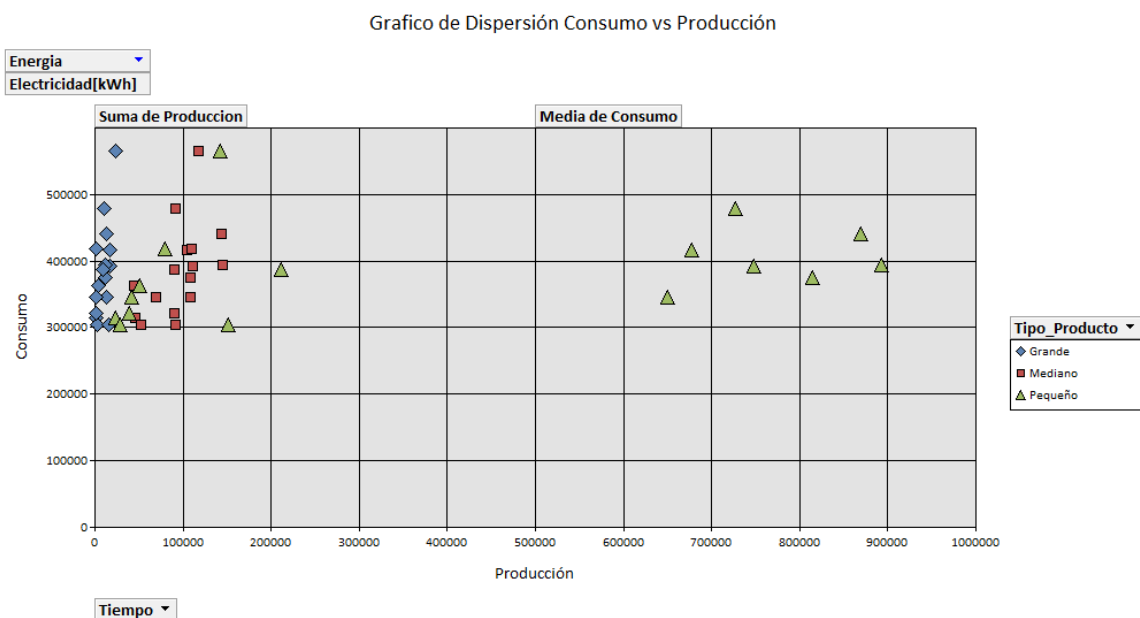


Figura 6.13: Grafico de dispersión entre los datos de consumo eléctrico y producción de tipos de producto para Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

productos pequeños se encuentran bastante alejados y más dispersos que los datos de productos medianos y grandes. Por lo tanto se generara un informe de regresión en base a estas dos últimas variables.

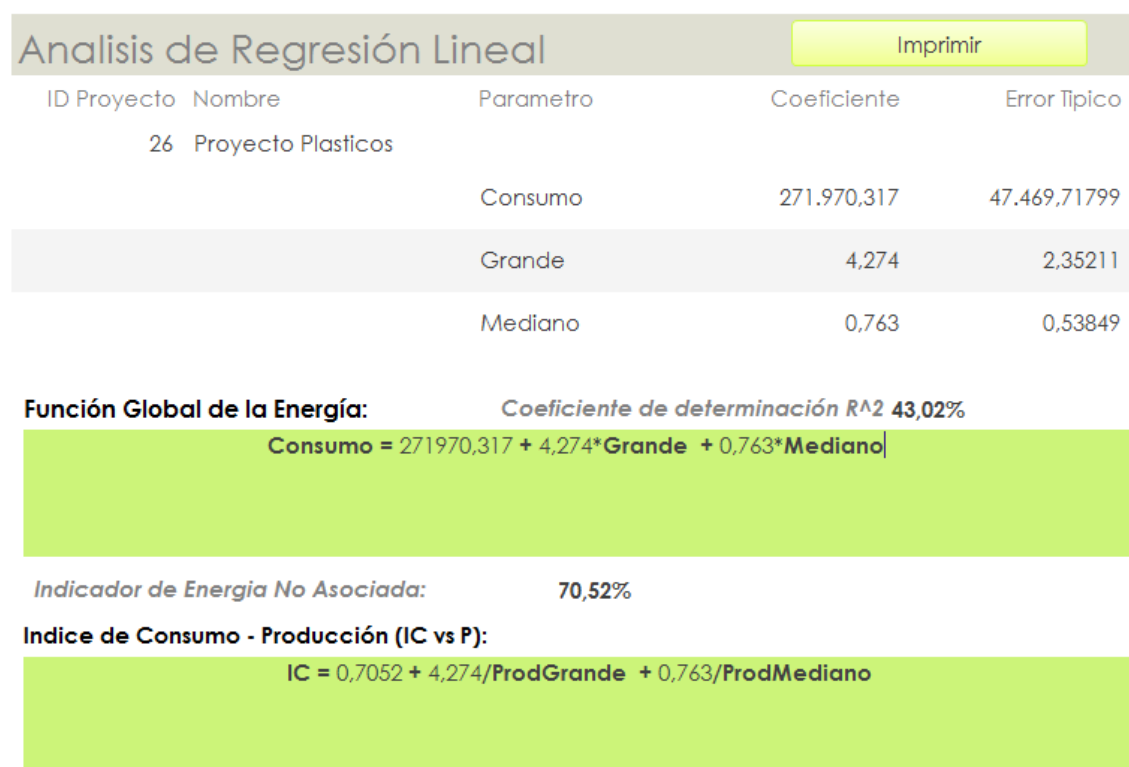


Figura 6.14: Informe de regresión generado en base a los datos de consumo eléctrico mensual y producción mensual de Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

La Figura 6.14 nos muestra el informe de regresión entregado por el programa computacional en el que se pueden apreciar los parametros, coeficientes y errores típicos. Adicionalmente nos entrega la función global de energía, Índice de energía no asociada a la producción y el índice de consumo-producción.

Según los resultados es posible apreciar un índice de correlación múltiplo (r^2) del 43 %, esto probablemente debido a que el análisis es realizado sobre el consumo producido sólo por las máquinas relacionadas con la producción, lo que provoca un menor ajuste. Otro punto importante es el índice de energía no asociada al proceso productivo cercana al 70 % con un valor de 272 [MWh], bastante elevado para una

empresa de manufactura. Los coeficientes para productos “Grandes” y “Mediano” indican el consumo de energía promedio por unidad fabricada. La función índice de consumo nos entrega el consumo promedio por unidad fabricada por los tipos de productos seleccionados, en este caso se aprecia como un mayor nivel de producción de productos grandes, genera un mayor consumo energético en comparación a los productos medianos.

6.2.2. Análisis Nivel 2

- Composición del consumo productivo:

La composición del consumo productivo se puede apreciar en la Figura 6.15. La distribución del consumo se aprecia para todos los tipos de maquinaria. En la imagen es posible apreciar que las máquinas de soplado e inyección representan el 70 % del consumo total. Por lo que se deben tener en consideración a la hora de aplicar medidas de mitigación.

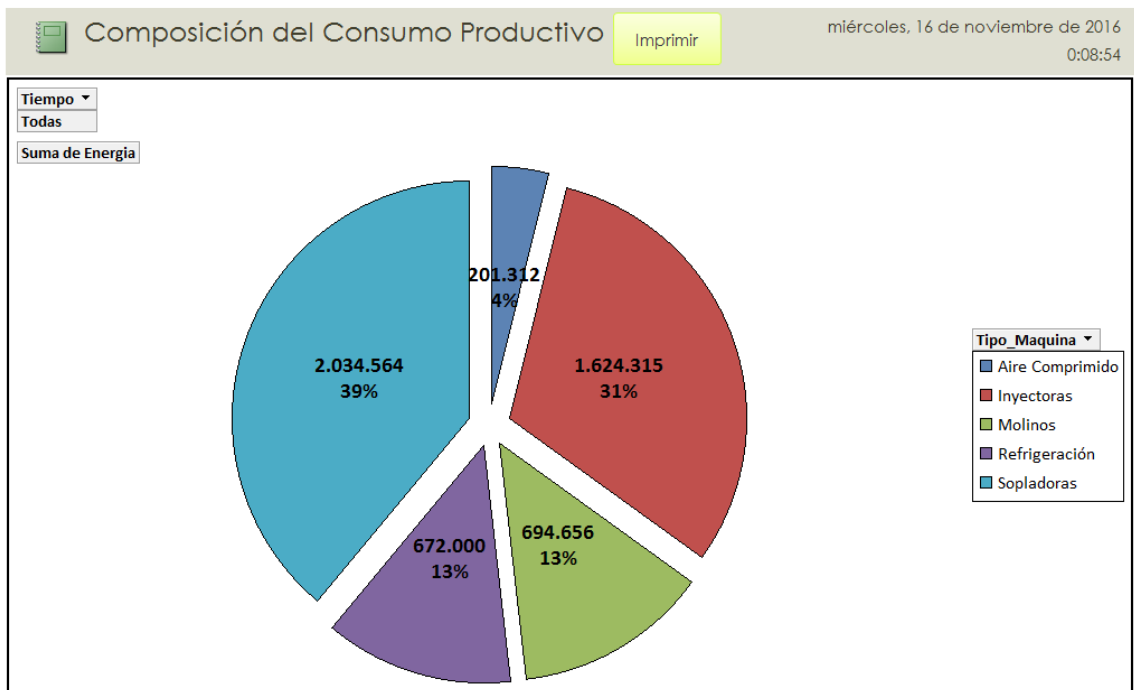


Figura 6.15: Composición porcentual del consumo eléctrico en la zona de producción según tipo de maquinaria.

Fuente: Elaboración propia.

■ Evolución del Consumo Productivo:

En la Figura 6.16 es posible consumo productivo de la empresa mensualmente dividido por maquinaria. Se observando una media de 300[MWh] en los periodos de estudio, al igual que un mayor consumo por parte de máquinas inyectoras y sopladoras.

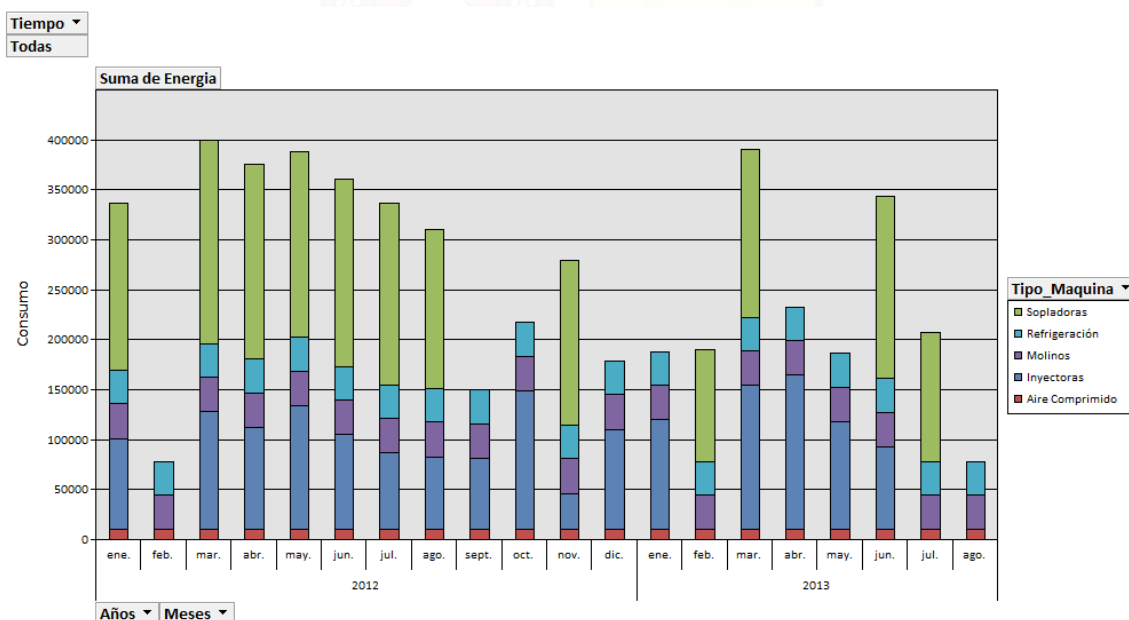


Figura 6.16: Evolución del consumo productivo de la empresa según tipo de maquinaria.

Fuente: Elaboración propia.

Estos elevados valores pueden ser fuente del elevado desgaste presente en las maquinarias considerando que gran parte de ellas es adquirida de 2da o 3ra mano.

■ Análisis de Pareto:

El gráfico de Pareto nos entrega información fundamental para poner nuestros esfuerzos en disminuir el consumo eléctrico. Según la Figura 6.17, es posible apreciar que gran parte del consumo se genera en sólo 3 máquinas pertenecientes a los procesos de inyección y soplado.

■ Informe de Producción:

El informe de producción ayudara en la medida que podamos filtrar datos relevantes para la toma de decisiones respecto a producción. La Figura 6.18 presenta un filtro

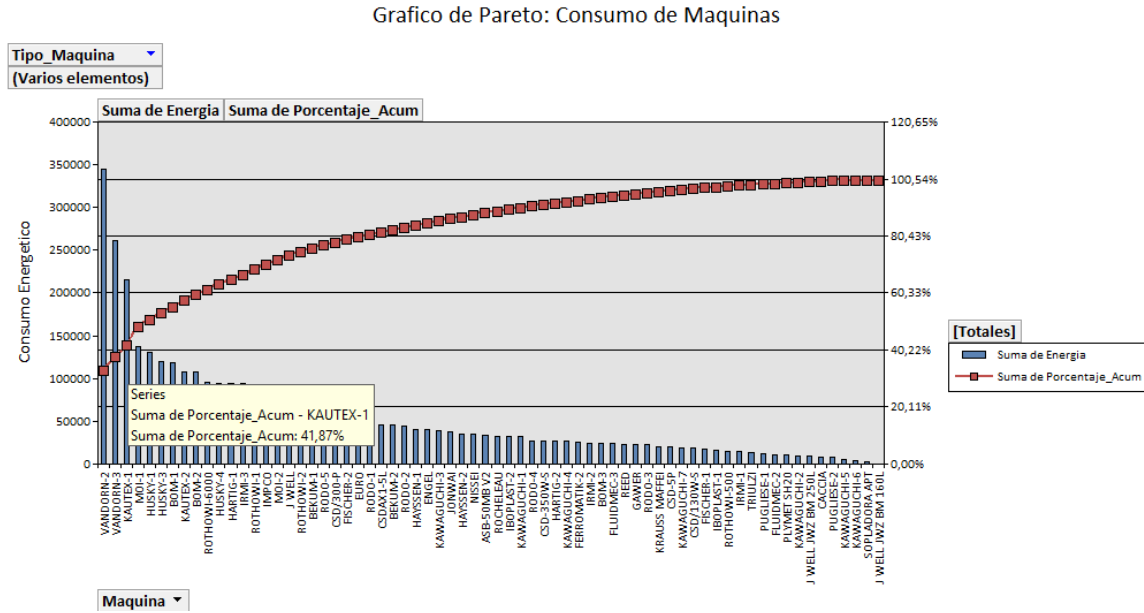


Figura 6.17: Gráfico de Pareto que presenta el consumo y el porcentaje acumulado de la empresa según maquinaria.

Fuente: Elaboración propia.

correspondiente al rendimiento de maquinaria bajo 50 %, a pesar de no ser muy repetitivo en el paso del tiempo se observa que la mayor parte se genera por productos grandes, que coincidentemente representan el mayor grado de consumo unitario. A partir de esto es posible investigar el problema que puede ser desde un problema en las maquinarias, un producto mal definido, personal no capacitado hasta incluso fechas específicas en donde baja productividad.

Como es posible apreciar a partir de los análisis de nivel 1 y 2 realizados, es posible enfocar los esfuerzos en medidas correctivas en el uso de electricidad. La incorporación de un mejor sistema de registros por temas de fallas de equipos, el cambio de luminaria, actualización o renovación de maquinaria. Para realizar análisis más exhaustivos se deberá contar con información mucho más recabada y pulida, la inclusión de factores de potencia en boletas, la incorporación directa del cuerpo directivo de la empresa.



Informe de Producción: Imprimir

Fecha	Sucursal	Area	Producto	Maquina	Turno	Producción	Rendimiento	Tiempo de Servicio
18-01-2012	Matriz	Area Default	BIDON 25 LT PALLET BOCA 5.5 IN	MOI-1	2	19	47,50%	6:00
19-01-2012	Matriz	Area Default	BIDON 22 LT BOCA 5.5 INVIOL. P	KAUTEX-2	2	15	37,50%	6:00
19-01-2012	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.INTE	HARTIG-1	2	10	45,45%	19:45
10-04-2012	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT RED. B/3/4" Y B2" R.I	MOI-1	2	11	44,00%	18:45
24-04-2012	Matriz	Area Default	PATA DE MESA BLANCA	MOI-1	2	24	40,00%	15:45
24-05-2012	Matriz	Area Default	BIDON RED 60 LT B/3/4" Y B/2" R.	MOI-1	2	11	44,00%	5:45
13-06-2012	Matriz	Area Default	TAPA CERRADA BIDON ESTAND/	IBOPLAST-2	2	98	47,80%	6:50
10-07-2012	Matriz	Area Default	BIDON 22 LT BOCA 5.5 INVIOL. P	KAUTEX-2	2	17	42,50%	13:30
11-02-2013	Matriz	Area Default	BIDON 25 LT. PALLET BOCA 5.5 IN	KAUTEX-2	2	20	50,00%	6:00
14-02-2013	Matriz	Area Default	BIDON 25 LT. PALLET BOCA 5.5 IN	KAUTEX-2	2	20	50,00%	4:00
21-03-2013	Matriz	Area Default	BALDE 20 LT. ESTANDAR BLANC	VANDORN-3	2	65	50,00%	13:30
19-06-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.INTE	MOI-1	2	14	50,00%	13:30
28-06-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.I. NA	MOI-1	2	9	32,14%	0:55
01-07-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.I. NA	MOI-1	2	9	32,14%	0:55
02-07-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.I. NA	MOI-1	2	12	42,86%	13:15
03-07-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.I. NA	MOI-1	2	12	50,00%	13:45
04-07-2013	Matriz	Area Default	BIDON 60 LT B/3/4" Y B/2" R.I. NA	MOI-1	2	12	50,00%	14:00

Figura 6.18: Informe de Producción según los datos de Plásticos Haddad S.A.

Fuente: Elaboración propia.

7 | Modelo de Negocios

En conjunto al desarrollo del programa se desarrolla un pequeño modelo de negocios en base a la herramienta CANVAS (Figura 7.1) para describir la manera y dar forma lógica a cómo una organización intenta ganar dinero.

La base de la propuesta estará en la venta y distribución de la herramienta computacional desarrollada, en conjunto con el servicio de consultoría y post venta.

7.1. Mercado Objetivo

El segmento objetivo se centra en pequeñas y medianas empresas (Pymes) de rubro productivo y manufactura enfocados en mejorar sus procesos de producción para la utilización eficiente de sus recursos energéticos.

Por otra parte se observa la creciente necesidad de la imagen “verde” que genera socialmente la inclusión de programas de eficiencia energética y la preocupación por el medio ambiente.

- Cliente Objetivo:

- Pymes manufactureras (2.400-100.000 UF)
- Enfocadas en reducir costes.
- Preocupación por el medio ambiente.
- Preocupación imagen social y empresarial.

- Problemas:

- Asesorías energéticas con elevado coste.

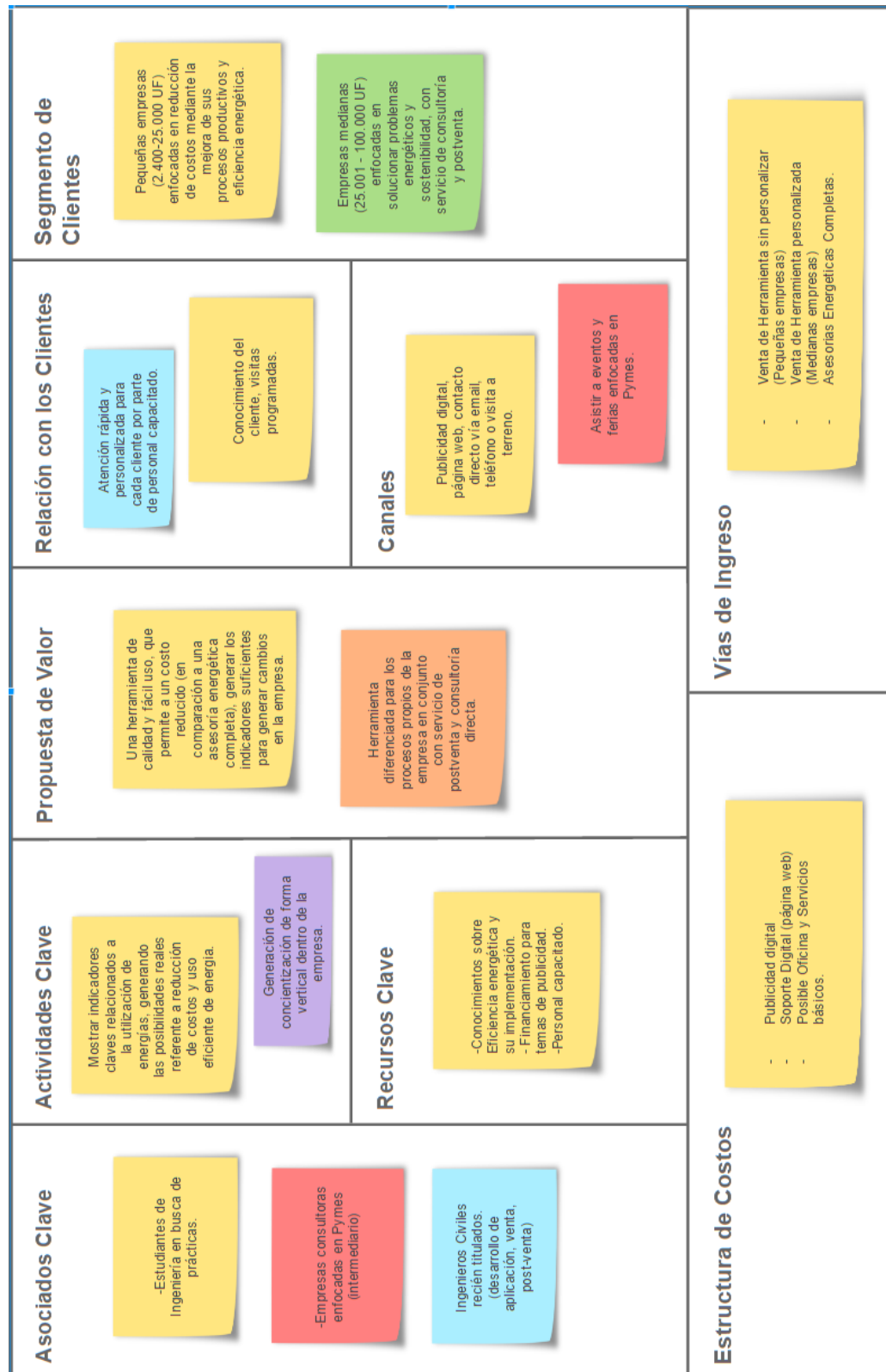


Figura 7.1: Detalle herramienta CANVAS, para el desarrollo del modelo de negocios.

Fuente: Elaboración propia.

- Necesidad de variadas accesorias enfocadas en distintos puntos de la empresa.
 - Falta de información y conocimiento.
 - Difícil interpretación y reproducción de resultados cambiando variables.
 - Falta de personal necesario y capacitado para su implementación.
- Propuesta de Valor:
- Facilidad de manejo y utilización.
 - Buen servicio postventa.
 - Preocupación por el cliente y sus necesidades.
 - Monitoreo constante.
 - Preocupación por el medio ambiente.
 - Generación de utilidades para la empresa.

“En [nombre de empresa] nos preocupamos por tus necesidades y beneficios, la preocupación por el medio ambiente y tus trabajadores para llevar tu empresa a otro nivel”

“Facilidad de manejo, excelente atención y asesoría es lo que necesitas para avanzar y mejorar tu negocio”

8 | Conclusiones

Mediante la inclusión de herramientas de diferentes áreas de estudio, se busca desarrollar una aplicación computacional que genere los indicadores necesarios para la toma de decisiones en Pymes. Esto mediante un software de fácil utilización y manejo que genere un ahorro de personal y tiempo empleado. Además de corresponder al desarrollo sustentable y el uso de energía consciente.

La inclusión de un sistema de base de datos es fundamental tanto para el manejo de información, como para su posterior análisis. El prototipo desarrollado cumple con estas características generando la posibilidad de estandarizar gran cantidad de datos que muchas Pymes mantienen de forma muy desordenada e imprecisa.

Una de las principales ventajas que genera el prototipo es la facilidad en su uso. Esta facilidad se genera debido a que el análisis de datos, se genera de manera interna, evitando errores en el procesamiento de datos. Es importante recalcar que el nivel de información es fundamental para la correcta utilización del software prototipo, así mismo representará el alcance que se podrá llegar a obtener.

El software prototipo logra presentar información para aplicaciones hasta Nivel 2, en base al Programa de Eficiencia Energética expuesto. Esto sucede principalmente porque los siguientes pasos se centran en la toma de decisiones y presentación de propuestas para la generación de reducción de costos y gasto energético.

Por otra parte, el software presenta un gran potencial de desarrollo. Este puede darse de manera gradual incluyendo mayores opciones o cambiando de plataforma. El constante cambio y necesidad de tener todo en “línea”, provee un gran campo para la inclusión de la herramienta directamente a través de una plataforma online. Además, es posible integrar nuevas funciones, análisis y datos para el manejo completo de información dentro de la

organización.

La utilización del software prototipo en dos análisis de casos aplicados entrega resultados coherentes y acorde a los niveles de información obtenidos. A partir de sus resultados es posible generar análisis de calidad para la gestión de eficiencia energética en las Pymes, otorgando la posibilidad de disminuir costos, consumo energético y generar valor.

La inclusión de un modelo de negocios guía en las posibilidades de venta y desarrollo del software, y genera la posibilidad de llegar al principal cliente objetivo (pequeñas y medianas empresas).

Finalmente, cabe señalar que el prototipo es una válida alternativa a una asesoría energética en temas de costos. Es posible obtener importantes indicadores a partir de la información que se le entregue.

8.1. Posibles Mejoras

El presente documento, muestra una herramienta funcional, que cumple con las necesidades fundamentales para el desarrollo de un programa de eficiencia energética (PGE) pero, como se especifica, recae en un prototipo de aplicación. La capacidad para desarrollar la herramienta y mejorarla es muy grande dependiendo de lo que se desee incluir o cambiar.

Se sugiere el desarrollo pulido de una aplicación completa, que contemple la ayuda para el usuario en niveles más complejos de análisis. La propuesta de posibles mejoras y énfasis de forma automática por parte del programa y una asistencia online generada desde la misma aplicación.

De la misma forma, una mejora significativa es trasladar la herramienta a un ambiente de nube u online, permitiéndole al cliente acceder directamente a sus proyectos en curso, en conjunto con recomendaciones generadas de forma automática.

Finalmente cabe destacar que la herramienta se encuentra basada en un software de base de datos, por lo que la inclusión de temas financieros, sistemas inventario, ventas, programación, etc... pueden ser incluidos y desarrollados para un mejor manejo de datos de la empresa y sus sistemas de información.

Bibliografía

- ABB Ltd (2012). MEPS Mundiales Regulaciones a nivel mundial de eficiencia energética para motores de ABB Title Lorem Ipsum dolor sit baja tensión La amplia gama ABB cubre todas las MEPS mundiales. (pp. 1 – 8). [3.8](#), [3.8](#)
- Backlund, Sandra; Thollander, Patrik; Palm, Jenny; y Ottosson, Mikael (2012). Extending the energy efficiency gap. *Energy Policy*, 51, 392–396. [3.2](#)
- Bonnefoy, Jc y Armijo, Marianla (2005). *Indicadores de desempeño en el sector público*. [3.9.8](#)
- Cagno, Enrico y Trianni, Andrea (2013). Exploring drivers for energy efficiency within small- and medium-sized enterprises: First evidences from Italian manufacturing enterprises. *Applied Energy*, 104, 276–285. [1](#)
- Climate Action Tracker (2015). *Analisis de Propuesta INDC Chile Calificación : Inadecuado*. Technical report, C.A.T. [3.5](#)
- Dall, Francisco; Jos, Orso; y Lobo, Manuel (2013). Auditoria energetica : Plasticos Haddad. (pp. 1–49). [6.2](#)
- Energy, Key World (2012). Key World Energy. [3.3](#), [3.4](#)
- Gujarati, Damodar N. y Porter, Dawn C. (2006). *Econometria*. 5ta edición. ([document](#)), [3.9.2](#), [3.8](#)
- IEA (2015). *Energy and climate change*. France, Paris: IEA PUBLICATIONS, i edición. [3.7](#)
- Impuestos, Servicio De (2015). *Contribuyentes PEQUEÑAS Y MEDIANAS (PYMES) Contribuyentes*. Technical report, Servicio de Impuestos Internos; SII, Santiago, Chile. [3.6](#)
- Jimenez, Monica Talledo (2008). *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)*. Pennsylvania, EE.UU.: Project Management Institute, Inc., 4ta edición. [3.4](#)
- Joint Technical Committee (2000). Australian / New Zealand Standard TM Energy audits. [4](#)
- L. Hunter Lovins and Boyd Cohen (2010). *Climate Capitalism: Capitalism in the Age of Climate Change*. New York: Hill & Wang. [1](#)

- Lee, Shin-Ku; Teng, Min-Cheng; Fan, Kuo-Shun; Yang, Kuan-Hsiung; y Horng, Richard S. (2011). Application of an energy management system in combination with FMCS to high energy consuming IT industries of Taiwan. *Energy Conversion and Management*, 52(8-9), 3060–3070. [3.1](#)
- Meath, Cristyn; Linnenluecke, Martina; y Griffiths, Andrew (2015). Barriers and motivators to the adoption of energy savings measures for SMEs: The case of the ClimateSmart Business Cluster Program. *Journal of Cleaner Production*. [1](#), [3.4](#), [3.3](#), [3.4](#)
- Ministerio de Energía (2013). *Plan de acción de eficiencia energética 2020*. Santiago, Chile. [3.5](#), [3.2](#)
- Render, Barry y Heizer, Jay (2009). *Principios de administración de operaciones*. ([document](#)), [3.9.1](#), [3.7](#), [3.9.3](#), [3.9.4](#), [3.9](#), [3.10](#), [3.11](#), [3.12](#), [3.13](#)
- Sánchez, Jorge (2004a). Diseño Conceptual de Bases de Datos guía de aprendizaje. *Creative Commons*, (pp. 1–25). [3.10.3](#), [3.14](#), [3.10.7](#), [3.11](#), [3.15](#), [3.17](#), [3.19](#), [3.20](#), [3.21](#), [3.22](#), [3.23](#), [3.24](#), [3.25](#)
- Sánchez, Jorge (2004b). Principios Sobre Bases de Datos Relacionales. *Internet*, (pp. 11–20). [3.11.3](#), [3.11.5.1](#)
- Sánchez, Jorje (2013). Gestión de Bases de Datos. (pp. 216). [3.10.2](#), [3.10.5](#), [3.10.6](#), [3.10.8](#), [3.11.1](#), [3.11.2](#), [3.12.1](#)
- Sapag, Nassir y Sapag, Reinaldo (2008). *Preparación y evaluación de proyectos*. Bogotá, Colombia: Mc Graw Hill, v edición. [3.9.8](#), [??](#), [3.9.8](#), [??](#), [3.9.8](#)
- Silva Díaz, Miguel Ángel (2015). *Gestión de la Eficiencia Energética y su valor en la organizacioón. Un programa de Gestión Energía aplicada a la Pyme*. Mba magíster en gestión empresarial, Universidad Técnica Federico Santa María. [1](#), [4.1](#), [4.1](#), [4.2](#), [4.3](#), [4.4](#), [??](#), [??](#), [??](#), [4.5](#), [4.1](#), [4.2](#), [4.3](#), [4.6](#), [6.1](#)
- SOFOFA (2005). *Clasificación Pymes*. Technical report, Sociedad de fomento fabril, Santiago, Chile. [3.7](#)
- Thollander, Patrik; Cornelis, Erwin; Kimura, Osamu; Morales, Inés; Zubizarreta Jiménez, Rogelio; Backlund, Sandra; Karlsson, Magnus; y Söderström, Mats (2014). The design and structure of effective energy end-use policies and programs towards industrial SMEs. (pp. 75–81). [1](#), [1.1](#)
- Thollander, Patrik; Kimura, Osamu; Wakabayashi, Masayo; y Rohdin, Patrik (2015a). A review of industrial energy and climate policies in Japan and Sweden with emphasis towards SMEs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 504–512. [1](#)
- Thollander, Patrik; Paramonova, Svetlana; Cornelis, Erwin; Kimura, Osamu; Trianni, Andrea; Karlsson, Magnus; Cagno, Enrico; Morales, Inés; y Jiménez Navarro, Juan Pablo (2015b). International study on energy end-use data among industrial SMEs (small and medium-sized enterprises) and energy end-use efficiency improvement opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 104, 282–296. [3.3](#)

Trianni, Andrea; Cagno, Enrico; y Worrell, Ernst (2013). Innovation and adoption of energy efficient technologies: An exploratory analysis of Italian primary metal manufacturing SMEs. *Energy Policy*, 61, 430–440. [1](#)

World Energy Council WEC (2014). Consejo Mundial de la Energía. [1](#), [3.5](#), [3.6](#)



A | ANEXOS

A.1. Listas de Chequeo Fuentes Energéticas

Fuente: Asociación Chilena de Eficiencia Energética.

Tabla A.1: Instalaciones y sistemas eléctricos

Ítem	Verificación técnica
Contrato con empresa distribuidora	Potencia contratada
Ubicación del Transformador	Evaluar posibles pérdidas
Control de Variaciones de Voltaje	Existencia del sistema adecuado.
Factor de Potencia	Evaluar eficiencia en red de distribución
Instalaciones eléctricas	Evaluar cargas individuales, puntos de empalme, carga total, tableros de distribución, cuarto de generación de emergencia, tamaño de alimentadores y circuitos ramales, protecciones requeridas.
Conductores	Evaluar calidad (diámetro, material y protecciones).
Alimentadores	Evaluar dimensionamiento
Armónicos	Evaluar equipos y red. Evaluar resonancia armónica.
Desbalance de Fases	Evaluación de carga al interior de la red

Tabla A.2: Equipos eléctricos.

Ítem	Verificación técnica
Eficiencia en motores	Evaluar eficiencia y factor de potencia
Verificar estator y rotor	Verificar visual y técnicamente.
Pérdidas en motores eléctricos	Verificar pérdidas parásitas
Efecto obsolescencia	Verificar antigüedad de equipos y plan de mantenimiento.
Variadores de frecuencia	Identificar si existen instalaciones de este tipo.
Eficiencia en sistemas eléctricos de bombeo	Evaluar eficiencia de equipos según documentación técnica.
Sobredimensionamiento	Evaluar sobredimensionamiento de equipos eléctricos.
Pérdidas en sistema de bombas o ventiladores	Evaluar ineficiencias por roce, cambio de dirección en fluidos, etc.
Eficiencia isentrópica, mecánica y volumétrica en sistemas de aire comprimido	Evaluación de eficiencia.

Tabla A.3: Equipos Electrónicos

Ítem	Verificación técnica
Condiciones	Evaluar garantías de operatividad de equipos.
Pruebas de Campo	Evaluar realización.
Filtración de aire	Evaluar condiciones de aire libre de polvo para combustión.
Mantenimiento	Verificación de plan de mantenimiento (bombas de inyección)

Tabla A.4: Iluminación

Ítem	Verificación técnica
Sistemas de Iluminación	Verificación visual y realización de inventario de los sistemas, teniendo en consideración: Lámparas, Luminarias, equipos auxiliares, zonas a iluminar (índice K), administración de la energía, mantenimiento.
Determinación de eficiencia	Evaluación de eficiencia de las lámparas.
Mediciones	Evaluación a través de luxómetro.
Tasa de Falla	Contabilización de las fallas de lámparas y luminarias.

Tabla A.5: Sistemas de recuperación de calor

Ítem	Verificación técnica
Sistemas de recuperación de calor	Verificación visual, plan de mantenimiento y realización de mediciones respecto a diferenciales de temperaturas. Análisis PINCH.

Tabla A.6: Hornos y secadoras-

Ítem	Verificación técnica
Calor útil y calor aportado	Evaluación de eficiencia a través de método directo e indirecto.
Pérdidas de energía	Evaluación de las posibles pérdidas de energía por gases residuales, asociadas a la combustión, en el manejo de materiales, en el enfriamiento, por radiación y convección en aberturas del horno, infiltración de aire.

Tabla A.7: Sistemas de refrigeración

Ítem	Verificación técnica
Sistemas de refrigeración	Verificación visual, áreas de operatividad (motores, compresores, ventiladores y bombas).
Pérdidas de presión	Verificar la operatividad de los filtros y recambio de los lubricantes de los compresores.
Cámaras de refrigeración	Verificar mantención y lugar de operatividad.
Indicador de eficiencia de equipos	Determinación del COP (Coefficient of Performance)

Tabla A.8: Sistemas de vapor y Condensado

Ítem	Verificación técnica
Sistema de Vapor	Evaluación visual de las aislaciones térmicas de los conductos del sistema (piping).
Retorno del condensado	Evaluación de fugas y evaluación de instalación de trampas de condensado.
Vapor Flash	Reutilización de vapores flash en el sistema.
Reducción de presión eficiente	Aprovechamiento de mayores presiones del sistema de la red.

Tabla A.9: Calderas.

Ítem	Verificación técnica
Tratamiento de agua	Verificar tratamiento de agua en alimentación.
Purga	Verificación de purga.
Material de Combustión	Evaluar % de humedad en el caso de calderas a leña o biomasa.
Pérdida por calor (convección, conducción radiación)	Evaluación de un sistema de recuperación de calor.
Economizadores	Verificar posibilidad de instalación de economizadores.
Mantenimiento	Verificación del plan de mantenimiento.