



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE SALA
DE COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN**

SUSTENTADO POR:

**JUAN JOSÉ AGUILAR JARUFE
GIANCARLO JOSÉ CRUZ GAITAN**

**PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE
MÁSTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

ENERO 2019

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE CAMPUS SPS

CARLA MARÍA PANTOJA

DECANA DE FACULTAD DE POSTGRADO

CLAUDIA MARÍA CASTRO VALLE

**PREFACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE SALA
DE COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXÍGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN DIRECCIÓN EMPRESARIAL**

**ASESOR METODOLÓGICO
JUAN JACOBO PAREDES HELLER**

**ASESOR TEMÁTICO
JUAN FRANCISCO ORTIZ**

**MIEMBROS DE LA TERNA
HECTOR WILFREDO PADILLA PERDOMO**

SERGIO ALFREDO MORENO MEJIA

JUAN CARLOS MUÑOZ MAYES

DERECHOS DE AUTOR

© COPYRIGHT 2019

JUAN JOSE AGUILAR JARUFE
GIANCARLO JOSE CRUZ GAITAN

Todos los derechos son reservados

**AUTORIZACIÓN DEL AUTOR(ES) PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO DE TESIS DE POSTGRADO**

Señores

**CENTRO DE RECURSOS PARA
EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN (CRAI)
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA (UNITEC)
SAN PEDRO SULA**

Estimados Señores:

Nosotros, JUAN JOSÉ AGUILAR JARUFE y GIANCARLO JOSÉ CRUZ GAITAN, de San Pedro Sula, autores del trabajo de postgrado titulado: PREFACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE SALA DE COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN, presentado y aprobado en Enero/2019, como requisito previo para optar al título de máster en Dirección Empresarial con orientación en Finanzas reconociendo que la presentación del presente documento forma parte de los requerimientos establecidos del programa de maestrías de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC), por este medio autorizamos a las Bibliotecas de los Centros de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) de la UNITEC, para que con fines académicos, puedan libremente registrar, copiar o utilizar la información contenida en él, con fines educativos, investigativos o sociales de la siguiente manera:

- 1) Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en las salas de estudio de la biblioteca y/o la página Web de la Universidad.
- 2) Permita la consulta, la reproducción, a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD o digital desde Internet, Intranet, etc., y en general en cualquier otro formato conocido o por conocer.

De conformidad con lo establecido en el artículo 9.2, 18, 19, 35 y 62 de la Ley de Derechos de Autor y de los Derechos Conexos; los derechos morales pertenecen al autor y son

personalísimos, irrenunciables, imprescriptibles e inalienables, asimismo, por tratarse de una obra colectiva, los autores ceden de forma ilimitada y exclusiva a la UNITEC la titularidad de los derechos patrimoniales. Es entendido que cualquier copia o reproducción del presente documento con fines de lucro no está permitida sin previa autorización por escrito de parte de UNITEC.

En fe de lo cual, se suscribe el presente documento en la ciudad de San Pedro Sula a los 30 días del mes de enero de 2019.

Juan José Aguilar Jarufe
21543077

Giancarlo José Cruz Gaitan
21653019



FACULTAD DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE SALA DE
COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN**

AUTORES

JUAN JOSÉ AGUILAR JARUFE & GIANCARLO JOSÉ CRUZ GAITAN

RESUMEN

Cervecería Hondureña S.A. de C.V., es una empresa que se dedica a la producción de bebidas carbonatadas, no carbonatadas y alcohólicas. El proceso de la empresa comienza desde la producción, distribución y comercialización de sus productos. Para la producción de bebidas carbonatadas la empresa tiene dos tipos de productos: retornables y no retornables, las líneas de producción que utilizan aire de alta presión para sus procesos productivos son las de productos no retornables fabricados de plástico PET. Cervecería Hondureña utiliza lo que es aire de alta presión para la producción de bebidas carbonatadas no retornables, para la fabricación de dicho aire se cuenta con cuatro compresores marca Atelier François los cuales generan aire comprimido a una presión de 30 bar. Para el estudio de automatización del área de compresores se utilizó la metodología de proyecto Kaizen, la cual se basa en el círculo de Deming. En la fase de planeación se agregó la metodología DMAIC (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) para el establecimiento de variables a medir. Luego de analizar los datos obtenidos y haber realizado el análisis financiero se llegó a la conclusión que automatizar el área de compresores tiene una TIR igual a 80% y payback de un año con cuatro meses. Por lo cual se recomienda a Cervecería Hondureña la implementación del proyecto en sus instalaciones.

Palabras claves: Compresores de alta presión, mercado, beneficio técnico, financiero.



FACULTAD DE POSTGRADO

FEASIBILITY FOR AUTOMATION OF THE COMPRESSOR ROOM

BY

JUAN JOSE AGUILAR JARUFE & GIANCARLO JOSE CRUZ GAITAN

ABSTRACT

Cervecería Hondureña S.A. de C.V. is a company dedicated to the production of carbonated, non-carbonated and alcoholic beverages. The process of the company starts from the production, distribution and marketing of its products. To produce carbonated beverages, the company has two types of products: returnable and non-returnable, production lines that use high-pressure air for their production processes are those of non-returnable products made of PET plastic. Cervecería Hondureña uses high pressure air to produce non-returnable carbonated beverages, for the manufacture of the compressed air there are four Atelier Francois compressors which generate compressed air at a pressure of 30 bar. For the study of automation of the compressor area, the Kaizen project methodology was used, which is based on the Deming circle. In the planning phase, the DMAIC methodology was added (define, measure, analyze, improve and control) for the establishment of variables to be measured. After analyzing the data obtained and having carried out the financial analysis, it was concluded that automating the compressor area has an IRR equal to 80% and a one-year with four months of payback. Therefore, Cervecería Hondureña recommends the implementation of the project in its facilities.

Key words: Air compressor, market study, technical benefit, financial

DEDICATORIA

Dedico este proyecto primeramente a Dios, nuestro creador ya que el me dio la fortaleza y sabiduría durante todo el trayecto de la maestría para poder obtener el mayor provecho de cada una de las clases y lograr culminar esta etapa de mi vida.

Seguidamente agradezco a mis padres, mi esposa y futuro hijo, ya que ellos siempre me han brindado un apoyo incondicional en toda mi trayectoria de estudios, dándome la mejor educación desde el hogar e invertir en la mejor educación universitaria para poder llegar alto. Mi esposa por estar a mi lado y siempre darme apoyo al momento de querer desistir de seguir en la culminación de mi maestría y a mi hijo que me hace esforzarme para ser el mejor padre para él.

JUAN JOSE AGUILAR JARUFE

Dedico este logro primeramente a Dios que me ha dado la fuerza y la oportunidad de poder culminar una meta más, a la virgen María que con su manto santo me ha llevado a puerto seguro y que siempre ha estado a mi lado en todo momento.

A mis padres que me han motivado a continuar con mis estudios y que han confiado siempre de lo que soy capaz. A mi esposa e hijo que me han acompañado en los momentos difíciles y que junto a mí se alegran de la obtención de este logro. A mis hermanos que con sus ayudas y oraciones han estado siempre a mi lado en este proyecto.

GIANCARLO JOSE CRUZ GAITAN

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a las autoridades de la Universidad Tecnológica Centroamericana por habernos dado la oportunidad de crecer en nuestra formación profesional.

Agradecemos al Dr. Juan Jacobo Paredes Heller y al Ing. Juan Francisco Ortiz por el apoyo que nos brindaron durante el desarrollo de nuestra tesis de investigación. De igual forma a todos los catedráticos que nos impartieron las clases para la formación durante el proceso de maestría.

Agradecemos a Cervecería Hondureña por permitirnos y brindarnos todo el apoyo para realizar nuestro estudio de investigación dentro de su empresa, por la colaboración en cuanto a apertura de mostrarnos reportes, consumo y toda información necesaria para el proyecto.

A nuestras familias que nos han apoyado en todo momento en la culminación de esta Maestría, en especial a nuestras esposas que nos han apoyado brindando y sacrificando su tiempo para darnos la oportunidad de finalizar este camino.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES	2
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA	4
1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.3 PREGUNTAS INVESTIGACIÓN.....	5
1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	8
2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
2.1.1 ANÁLISIS DE MACRO ENTORNO.....	8
2.1.1.1 COMPRESIÓN DE AIRE	9
2.1.1.2 FUNCIONAMIENTO Y PARTES DE UN COMPRESOR	11
2.1.1.3 PARTES DEL COMPRESOR.....	12
2.1.1.4 COMPRESOR EN LAS INDUSTRIAS A NIVEL MUNDIAL.....	13
2.1.1.5 TECNOLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN.....	14
2.1.2 ANÁLISIS DE MICRO ENTORNO.....	15
2.1.3 ANÁLISIS INTERNO	17
2.2 TEORÍA DE SUSTENTO	19
2.2.1 TEORÍA DE LICITACIÓN	20
2.2.2 PROYECTO KAIZEN.....	20
2.2.3 TEORÍA DE ANÁLISIS FINANCIERO.....	22
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	23
2.4 MARCO METODOLÓGICO.....	25
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	28
3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA	28
3.1.1 MATRIZ METODOLÓGICA.....	28

3.1.2 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	30
3.1.3 HIPÓTESIS	32
3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS	32
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3.1 POBLACIÓN.....	34
3.3.2 MUESTRA.....	34
3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS.....	35
3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA.....	35
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS	35
3.4.1 INSTRUMENTOS	35
3.4.2 TÉCNICAS.....	36
3.4.2.1 DIAGRAMA DE PARETO	36
3.4.2.2 HISTOGRAMA	37
3.4.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE DATOS.....	38
3.4.2.4 GRÁFICA DE CONROL.....	38
3.4.2.5 HOJAS DE CHEQUEO	39
3.4.2.6 METODOLOGÍA DMAIC	39
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	39
3.5.1 FUENTES PRIMARIA	40
3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS	40
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS	41
4.1 LICITACIÓN DE MERCADO	41
4.1.1 PROCESO DE LICITACIÓN	41
4.1.2 BASES DE LICITACIÓN	43
4.1.3 LICITANTES	44
4.2 ESTUDIO TÉCNICO	49
4.2.1 PLANEAR.....	50
4.2.1.1 DEFINIR	51
4.2.1.2 MEDIR	52
4.2.1.3 ANALIZAR	53
4.2.1.4 MEJORAR.....	54

4.3 ESTUDIO FINANCIERO	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	58
5.1 CONCLUSIONES	58
5.2 RECOMENDACIONES	59
CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD.....	60
6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA	60
6.2 INTRODUCCIÓN	60
6.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN	60
6.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ALCANCE	61
6.5 PRESUPUESTO DE PROYECTO	62
6.6 ANÁLISIS FINANCIERO.....	62
6.7 APROBACIÓN DE PROYECTO.....	62
6.8 CREACIÓN DE ORDEN INTERNA.....	63
6.9 CREACIÓN DE SOLICITUD DE PEDIDO	63
6.10 REUNIÓN INICIAL.....	63
6.11 CAPACITACIÓN SEGURIDAD INDUSTRIAL	64
6.12 EJECUCIÓN DEL TRABAJO	64
6.13 PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO	64
6.14 PRESENTACION A GERENCIA DEL PROYECTO FINALIZADO	65
BIBLIOGRAFÍA	66
ANEXOS	70
ANEXO 1. PROCESO DE SOPLADO PET	70
ANEXO 2. COTIZACIÓN INTEGRATEC	71
ANEXO 3. COTIZACIÓN RYD INDUSTRIAL	72
ANEXO 4.COMPRESOR ATELIER FRANCOIS.....	73
ANEXO 5. DOCUMENTO ACTA DE CONSTITUCIÓN	74
ANEXO 6. FORMATO FINANCIERO RIA.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen año 2018 consumo energía.....	19
Tabla 2. Matriz Metodológica.....	29
Tabla 3. Operacionalización de las variables.....	31
Tabla 4. Requerimientos Financieros para licitación.....	46
Tabla 5. Requerimientos de Mercado para licitación	47
Tabla 6. Requerimientos técnicos para licitación	48
Tabla 7. Resumen bases de licitación	48
Tabla 8. Capacidades de compresores Atelier Francois	50
Tabla 9. Capacidad de compresores instalados en planta de CHSA.....	51
Tabla 10. Tabla de demanda de sopladoras	52
Tabla 11. Matriz de operación de sopladoras	54
Tabla 12. Flujo de proyecto	56
Tabla 13. Análisis de indicadores financieros	57

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consumo eléctrico en una planta.....	9
Figura 2 Funcionamiento de un compresor	10
Figura 3 Eficiencia de un compresor de aire	11
Figura 4 Estimación de costos	15
Figura 5 Consumo de aire comprimido por aplicación.....	16
Figura 6 Círculo de Deming	21
Figura 7 Diagrama de funciones	25
Figura 8 Diagrama Escalera.....	26
Figura 9 Mapa de Karnaugh	27
Figura 10 Operacionalización de variables.....	30
Figura 11 Enfoque y métodos.....	33
Figura 12 Ejemplo diagrama de Pareto.....	37
Figura 13 Flujo de proceso de licitación de CHSA	42
Figura 14 Logo empresa Integratec	45
Figura 15 Logo Empresa RyD Industrial.....	45
Figura 16 Consumo eléctrico diario área de compresores	52
Figura 17 Histograma consumo eléctrico compresores	53
Figura 18 Diagrama de Gantt para aplicabilidad del proyecto	61
Figura 19 Periodo para acta de constitución	61
Figura 20 Periodo para presupuesto.....	62
Figura 21 Periodo formato RIA	62
Figura 22 Periodo para aprobación de proyecto.	62
Figura 23 Periodo para creación de orden interna	63
Figura 24 Periodo para creación de pedido.....	63
Figura 25 Periodo para reunión inicial.....	64
Figura 26 Periodo para capacitación de seguridad industrial	64
Figura 27 Periodo para ejecución del proyecto.....	64
Figura 28 Periodo para pruebas	65
Figura 29 Presentación a gerencia	65

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo tiene como finalidad plasmar la estructura central que tendrá la investigación, detallar los diferentes subtemas como ser: introducción, antecedentes, definición del problema, objetivos, justificación y explicar la situación actual del mundo de los compresores en las industrias. Para poder estudiar un fenómeno se utiliza la investigación la cual está compuesta por subconjuntos de procesos sistemáticos, críticos y empíricos para poder determinar la causa del efecto que se está estudiando. Una investigación siempre surge de una idea central sin tomar en cuenta su enfoque, lo que se busca es una respuesta a un interrogante (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010).

1.1 INTRODUCCIÓN

El compresor de aire es un dispositivo que genera aire a diferentes presiones (arriba de la presión atmosférica) muy utilizado dentro de la mayoría de las industrias. El consumo de energía de los compresores de aire de alta presión en una industria es aproximadamente del 15% del consumo total de la misma. Es por esto de suma importancia estar siempre en la mejora continua para reducir estos costos manteniendo o mejorando la calidad del servicio que brinda el equipo, mediante mejoras en los sistemas automatizados que controlan estos equipos (Cardona Barrientos, 2007.).

La fabricación automatizada surgió de la relación entre las fuerzas económicas e innovaciones técnicas como la división del trabajo, la transferencia de energía, la mecanización de las fábricas, líneas de producción y el desarrollo de las máquinas de transferencia y los sistemas de alimentación. La automatización ha permitido incrementar la producción y reducir los costos, en industrias de automóviles, refrigeradores, televisiones, teléfonos y de alimentos, otras ventajas de la automatización es la reducción de horas de trabajo de los equipos disminuyendo las horas de mantenimiento, los gastos en repuestos, y ahorrando en concepto del consumo eléctrico (Mcluhan, 1996).

Debido a esto el presente proyecto tiene como finalidad mostrar la viabilidad de mercado, técnica y financiera para la realización de la automatización del sistema de aire en la planta de refresco de la cervecería hondureña mediante teorías que sustenten cada una de las variables que se analizarán y de las cuales se brindarán los resultados encontrados, así como plantear las bases para posibles mejoras en un futuro dentro de los sistemas de aire comprimido y sistemas asociados de las distintas industrias que requieren de esta energía.

1.2 ANTECEDENTES

Los compresores de aire se utilizan en diversas industrias para proveer aire comprimido para diversas aplicaciones. Estos compresores se utilizan en la construcción e industria, pero no siempre fue así. El primer “compresor de aire” en realidad es el pulmón del ser humano. Como el cuerpo humano puede exhalar, nuestros antepasados utilizaron su aliento para avivar fogatas. La tendencia a utilizar nuestro propio aire a presión perdió fuerza cuando otras técnicas de construcción o trabajos se implementaron en la rutina del ser humano.

Quando comenzaron a fundir metales como el oro y el cobre, nuestros ancestros se dieron cuenta que requerían temperaturas más elevadas. Unos pulmones saludables pueden producir solamente de .02 a .08 bar (1 bar equivale a 14.5 psi) de presión, por lo que no era suficiente para ayudar a incrementar la temperatura además de que el dióxido de carbono que contiene el aliento humano no ayudaba. La demanda por un aire a mayor presión comenzó a incrementar conforme el tiempo pasaba. En el año 1500 D.C. se inventó un compresor de aire que consistía en una bolsa flexible que al aplastarse producía aire a presión y ayudaba a mantener las altas temperaturas que necesitaban. Años después en 1762, un ingeniero llamado John Smeaton diseñó un cilindro soplador manejado por energía hidráulica y poco a poco fue sustituyendo a su antecesor. (KAESER, 2015)

El aire comprimido está consolidado como una de las principales fuerzas motoras; una fuente de energía indispensable para la industria en general y tan versátil para infinidad de aplicaciones de toda índole. Es una de las fuerzas más antiguas del mundo, una fuerza elemental que forma parte del proceso de producción de prácticamente todos y cada uno de los productos que tenemos en casa, en el trabajo, en cualquier lugar; de cada uno de los objetos que nos rodean y portamos día con día (“Uso del Compresor de Aire a través de la Historia | CBS Compresores,” 2018).

La automatización esta hoy alrededor del mundo en las mayorías de las industrias o en el menor de los casos algunos procesos de las industrias usan la automatización como parte del funcionamiento básico de las mismas. Ejemplos de automatización o procesos automatizados los podemos encontrar a nuestro alrededor a diario, el automóvil ha venido evolucionando de tal manera que la transmisión automática es el resultado de las modificaciones que se han realizado en la industria automovilística, sensores en los baños que nos entregan papel o simple y sencillamente habilita la llave para enjuagarnos nuestras manos, son avances cotidianos que se palpan de una automatización (Collet, 2013).

Sumado a esto la tecnología está avanzando a pasos agigantados, rompiendo barreras que en algún momento se creían imposibles o que simplemente tomaría más tiempo sortear, las industrias han observado esto y han hecho de la automatización una fortaleza implementándola en la mayoría de sus procesos. La automatización en una industria no es una ventaja competitiva es un deber que toda industria tiene que implementar como parte de sus políticas operativas, si quiere seguir manteniendo su participación de mercado.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Kerlinger & Lee (2002) establece que un problema es un enunciado u oración interrogativa que pregunta: ¿Qué relación existe entre dos o más variables? La respuesta constituye aquello que se busca en la investigación. Es una contradicción entre lo que sucede, lo que es y lo que debería ser. En la planta de refrescos de Cervecería Hondureña se tiene un costo promedio equivalente a 13 Millones de lempiras por concepto del consumo eléctrico de toda la operación, se produce un volumen promedio de 553,000 hectolitros de refrescos, teniendo un indicador de consumo energético de 4.12 KW/HL. Sin embargo, a medida que las industrias aumentan su competitividad, la eficiencia energética puede representar una oportunidad de mejora para reducción de costos sin afectar la calidad del producto o los procesos asociados (“Reporte de energía control semanal año 2018,” 2018).

Por lo que en esta sección se pretende enfocar el análisis a una mejora del sistema de ‘Aire de Alta Presión’ en una planta productora de refresco en empaques desechables basados en la automatización industrial de los compresores que suplen la demanda de aire de alta presión a las máquinas sopladoras necesarias para el proceso de formación de botellas de plástico PET para sus productos.

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

El aire comprimido es una de las fuentes de energía de gran importancia y de mayor utilización dentro de los procesos productivos de distintos tipos de industrias debido a su flexibilidad y seguridad. Dentro de Cervecería Hondureña para el proceso de producción de empaques desechables PET en la línea de embotellado se utiliza aire comprimido en alta presión, ya que para dar forma al plástico se necesitan entre 30 bar a 40 bar. Para la generación del aire comprimido a alta presión dentro de Cervecería Hondureña se cuenta con cuatro compresores marca Atelier François, la generación del aire comprimido de alta presión representa un alto consumo en energía eléctrica de la planta en general. De los cuatro compresores se mantienen tres en funcionamiento permanente para suplir aire a las líneas de producción y uno se mantiene como respaldo por fallos y mantenimiento a los demás compresores, la operación del área es de forma manual por lo que se depende de un operador para encender y apagar los compresores. La falta de automatización puede provocar una sobreutilización de las máquinas ya que por lo general en la planta de producción existe el área de servicios generales y en ella se cuenta con equipos redundantes que garantizan el suministro de aire para toda la planta ya sea en alta o baja demanda.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Nuestra investigación se centrará en la empresa Cervecería Hondureña S.A. ya que dentro de sus instalaciones cuenta con un área de compresores de alta presión, cuatro compresores reciprocantes de tres etapas marca Atelier los cuales alimentan una red principal de aire de alta presión que utilizan las máquinas sopladoras para producir envases desechables. Dicho suministro debe ser garantizado en términos de presión y flujo de aire para el buen funcionamiento del proceso. Sin embargo, actualmente no se toma en cuenta la cantidad de máquinas sopladoras que se encuentran en producción para mantener encendidos ya sea cuatro, tres, dos o un compresor. Hace falta un análisis para establecer según la demanda de aire de las máquinas sopladoras cuantos compresores de alta presión deben de estar encendidos y cuales podrían estar apagados. Por lo que se planteó la siguiente interrogante.

¿Qué tan factible en términos mercado, técnicos y financieros, es la implementación de un sistema automatizado para controlar la utilización de los compresores de alta presión según la demanda de las sopladoras?

1.3.3 PREGUNTAS INVESTIGACIÓN

Una vez realizada la formulación del problema, se debe de plantear en forma de pregunta las variables del estudio de investigación a las cuales se dará respuesta. A continuación, se presentan las preguntas de investigación:

- 1) ¿Qué tan factible es realizar la automatización del sistema de alta presión mediante proveedores en el mercado local?
- 2) ¿Cuál es el beneficio técnico que nos brindará automatizar el sistema de aire comprimido de alta presión en la planta?
- 3) ¿Cuál será el impacto financiero al implementar la automatización del sistema de compresores de alta presión?

1.4 OBJETIVO DEL PROYECTO

Objetivo es la categoría que refleja el propósito o intencionalidad de la investigación (el para qué) de lo que debe lograrse de manera que se transforme el objeto y se solucione el problema (Herrera, 2006).

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general es la guía para el desarrollo de la investigación, está directamente relacionado con el planteamiento del problema y las variables a medir para establecer una posible solución. A continuación, se presenta el objetivo general es el siguiente:

“Evaluar en términos mercado, técnicos y financiero la implementación de un sistema automatizado para controlar la utilización de los compresores de alta presión según la demanda de las sopladoras.”

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos desglosan el objetivo general para poder enfocar cada una de las variables en la resolución del problema de investigación. Los objetivos específicos para este proyecto de investigación son:

- 1) Analizar si es factible realizar la automatización del sistema de alta presión mediante proveedores en el mercado local.
- 2) Identificar el beneficio técnico que nos brindara automatizar el sistema de aire comprimido de alta presión en la planta.

- 3) Evaluar el impacto financiero al implementar la automatización del sistema de compresores de alta presión.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Cervecería Hondureña cuenta con dos plantas de producción una planta productora de cerveza y una planta productora de refrescos bajo la marca registrada de Coca Cola Company. Para nuestra investigación nos centraremos en la planta productora de refrescos ya que es donde se encuentra nuestro objeto de estudio, los compresores de alta presión. En este proyecto se realizó un análisis para determinar la factibilidad de automatizar la utilización de los compresores de alta presión según la demanda de las máquinas en la empresa Cervecería Hondureña S.A. planta de refrescos, la razón principal del estudio es debido al alto consumo de energía eléctrica de la empresa 13 millones de lempiras mensuales de los cuales los compresores representan un 15%. Los compresores generan aire comprimido a alta presión 30 bar, para el proceso de soplado de botellas PET de las líneas de producción de envasado de empaques plásticos de la compañía (“Reporte de energía control semanal año 2018,” 2018).

Durante el proceso de producción de un envase de plástico no retornable el material del cual está constituido se calienta alrededor de 120 °C para luego ser soplado a una presión de 30 bar y darle forma final del envase según el molde de las máquinas sopladoras, por lo cual el aire comprimido a alta presión es un elemento esencial para la producción de un envase no retornable. Siendo un elemento esencial para la compañía los compresores de alta presión deben de estar siempre disponibles y confiables para la producción, dichos compresores generan alto consumo eléctrico debido a su gran dimensionamiento y capacidad para la compresión del aire.

Siendo Cervecería Hondureña una empresa altamente reconocida y socialmente responsable ésta se encuentra en constante búsqueda de mejora continua para reducir su impacto en la marca del medio ambiente en aspectos de consumo energético, agua y emisiones al medio ambiente. Por lo cual este proyecto se enfocó en la reducción del consumo eléctrico en el área de los compresores de alta presión automatizando su utilización, apagándolos si la demanda por parte de las maquinas sopladoras de cada línea de producción disminuye. La demanda de las sopladoras de las líneas de producción se mantiene casi constante de lunes a viernes ya que esos días toda la planta labora a toda su capacidad, donde se presenta variación en la demanda son los fines de semanas días sábados y domingo ya que no todas las líneas de producción laboran,

solamente laboran las líneas que el departamento de planning considera conveniente según pronósticos del departamento de ventas y el stock mínimo que se mantiene dentro de los diferentes centros de distribución. En el área de los compresores de alta presión no hay personal dedicado solo para el área, por lo tanto, no se está pendiente del apagado de los compresores de alta presión si no hay líneas en producción. Por lo cual este proyecto se enfocó en automatizar los compresores de alta presión sobre todo los sábados y domingos que es cuando no se necesita que todos estén encendidos ya que no hay demanda alta.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En el capítulo I se definió el problema de investigación, se establecieron las preguntas de investigación, los objetivos tanto general como los específicos y la justificación del proyecto. En el capítulo II se procede a realizar el análisis de literatura para el proyecto, un estudio de la situación actual del tema central del proyecto tanto a nivel mundial, nivel país y a nivel interno de la empresa donde se lleva a cabo la investigación. El marco teórico pretende ampliar la descripción del problema, ejemplificar antecedentes de la situación o problema a describir y especificar las teorías de sustentos, conceptualización y metodología utilizadas para desarrollar el enfoque y alcance del proyecto.

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La automatización industrial es una herramienta que se ha desarrollado de tal forma que permite la consecución de objetivos de una forma efectiva y eficiente, la misma se ha ido desarrollando de la mano de la tecnología a pasos agigantados permitiendo que la mayoría de las actividades se realicen a un menor costo y con mayor rapidez en nuestro diario vivir. Debido a esto el uso adecuado de los sistemas de control para el aire comprimido en la industria puede maximizar la eficiencia de los compresores y disminuir los costos por energía, repuestos y mantenimiento. Los sistemas de control nos permiten gestionar las variables de entrada o variables independientes de un sistema para poder manipular las variables de salida de un dispositivo. Debido a esto es necesario obtener un panorama claro de cuál es la situación actual de los compresores y la automatización en el mundo, así como en Honduras y más concretamente en San Pedro Sula.

2.1.1 ANÁLISIS DE MACRO ENTORNO

Los compresores son máquinas indispensables dentro de las industrias actualmente, ya que proveen energía segura y confiable. Mundialmente los compresores son utilizados en la mayoría de los rubros industriales. Como se muestra en la figura uno los compresores representan un consumo entre 15-20% de la energía eléctrica total que se requiere en el funcionamiento de una determinada planta. Fácilmente en esta relación podemos observar la ley natural del “Principio de Pareto” los compresores consumen el 20% de energía, pero representa el funcionamiento del 80% de la maquinaria en una industria (Vilche, 2012).

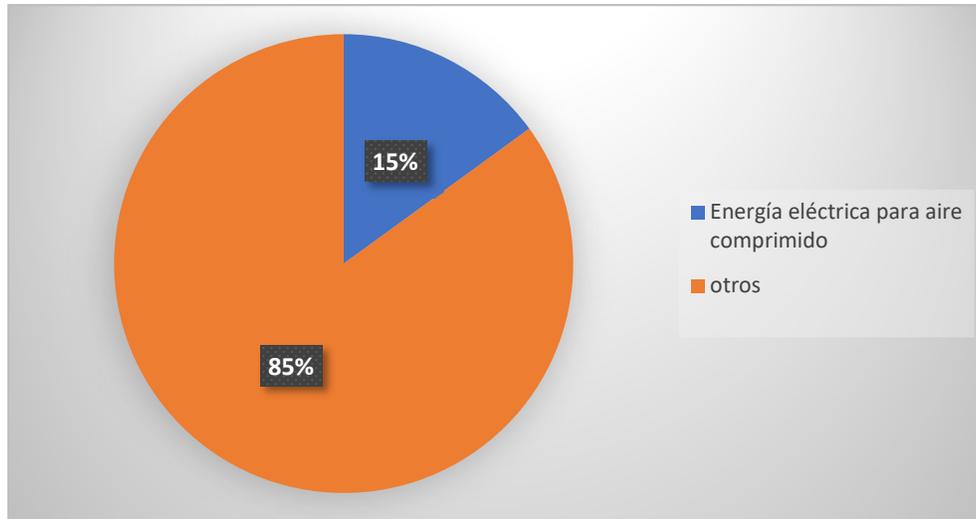


Figura 1 Consumo eléctrico en una planta

Fuente: (Vilche, 2012)

Como se observa en la figura uno los compresores de aire comprimido tienen un alto impacto en el consumo de energía global de una planta y por consiguiente un alto impacto en las finanzas de la compañía, es por eso que siempre se debe de estar en constante búsqueda de mejoras en estas áreas, solo mantener el equipo necesario en funcionamiento, no sobredimensionar demasiado los equipos ya que se cometen estos errores al ser áreas indispensables para la mayoría de las industrias (Vilche, 2012).

2.1.1.1 COMPRESIÓN DE AIRE

El aire atmosférico es un gas inodoro, incoloro el cual lo podemos obtener gratuitamente de la atmosfera y en cantidades ilimitadas. El aire este compuesto por la mezcla de gases el cual estando en el ambiente están sometidos a la presión atmosférica la cual es la fuerza que ejercen los gases atmosféricos sobre el aire terrestre. La compresión es el trabajo que se ejecuta sobre un gas, permitiendo almacenar el gas en cilindros o tanques y facilitando la distribución de este para diferentes aplicaciones industriales. El aire es un gas no volátil que al aumentar su presión aumenta su temperatura permitiendo de esta forma ser un tipo de energía no tan peligrosa en comparación a otras energías más volátiles. El aire es vital para la vida en el planeta ya que contiene y traslada los gases necesarios para la respiración así como para los procesos industriales de vapor y aire comprimido ("Enciclopedia de Características" 'AIRE,' 2017).

La calidad del aire que ingresa a un compresor se ve afectada por la contaminación que existe en una determinada área, así como factores naturales como, humedad relativa, altura a la que se encuentre el compresor ya que estos parámetros afectan directamente el funcionamiento del compresor y sus partes. Por ejemplo, una humedad relativa alta es perjudicial a las tuberías del compresor ya que existe un riesgo de corrosión mayor, altura sobre el nivel del mar crea un efecto de derrateo en el motor el cual perjudica su eficiencia ("Enciclopedia de Características" 'AIRE,' 2017).

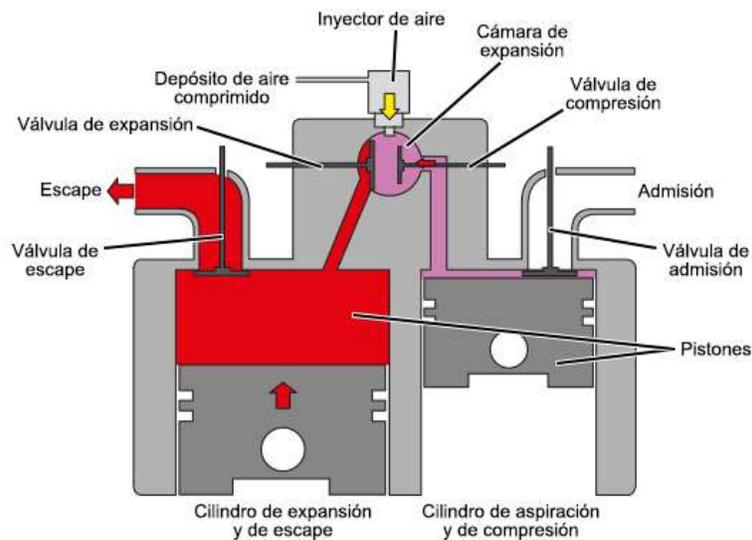


Figura 2 Funcionamiento de un compresor

Fuente: (Llamas, 2018)

Como se muestra en la figura dos el compresor cuenta con válvulas de admisión las cuales son encargadas de permitir el paso de aire a las cámaras de compresión las cuales son los cilindros donde están instalados los pistones que aumentan la presión del aire (dependiendo de las etapas del compresor puede tener de 1-3 pistones), al obtener la presión establecida en el depósito de aire se conecta un presostato el cual marca la presión instantánea que hay dentro de la cámara de aire comprimido, al finalizar la compresión de aire entra a otra cámara que realiza otra compresión en el aire y lo envía a los tanques de expansión mediante la válvula de escape, de esta forma se realiza el ciclo básico de compresión de un compresor recíprocante (Llamas, 2018).

2.1.1.2 FUNCIONAMIENTO Y PARTES DE UN COMPRESOR

Se define al compresor como la máquina capaz de crear una presión superior a la atmosférica sobre el aire a través del proceso giratorio de unos alabes o de un pistón que minimiza el volumen del aire contenido en una recámara. La velocidad de la respuesta del aire comprimido y la cantidad ilimitada de materia prima que existe en el ambiente permite a los compresores ser de las máquinas más utilizadas e indispensables en la industria actualmente. El aire es necesario para diversas actividades funcionamiento de máquinas neumáticas, alimentar los motores de combustión interna, limpieza, inflar un neumático (“Compresores,” n.d.).

Los compresores son equipos no tan eficientes, existe gran pérdida de la energía eléctrica que consume que se desperdicia en las transferencias mecánicas al final del proceso de la compresión del aire. Las pérdidas que más afectan la eficiencia del compresor son las pérdidas por calor (Disipación en las bobinas del motor, disipación en el refrigerador y la radiación térmica del compresor).

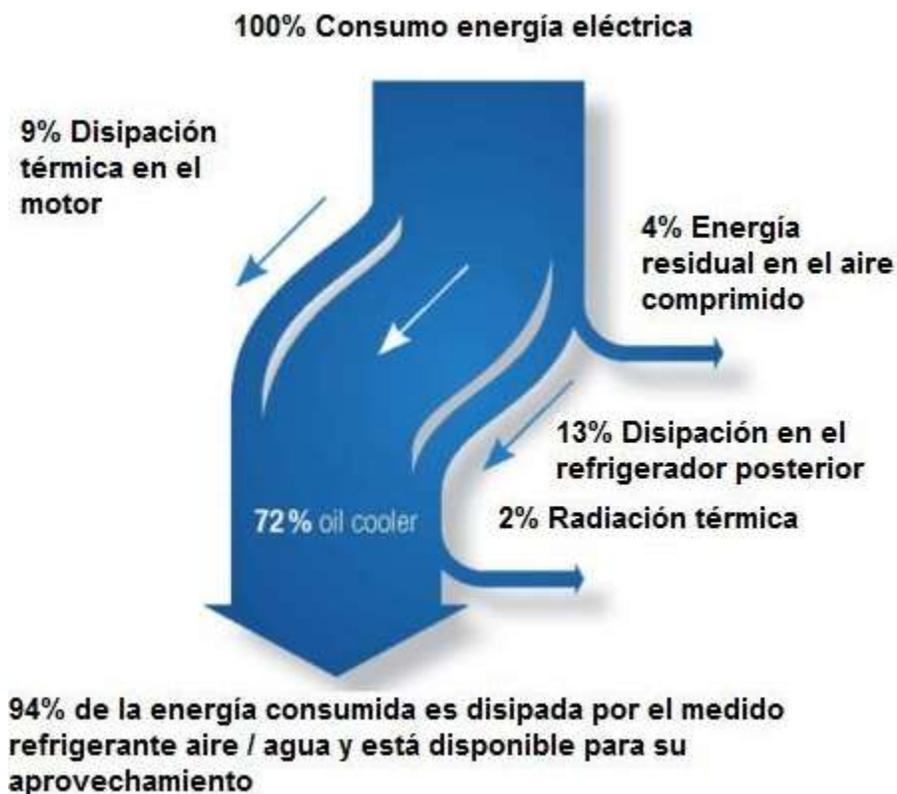


Figura 3 Eficiencia de un compresor de aire

Fuente: (BOGE, 2010)

En la figura tres se observa que las pérdidas que se brindan en un compresor son varias, pérdidas térmicas del motor estas pérdidas son explicadas bajo la ley de Joule las corrientes que hay en los embobinados se traducen también en calor, las pérdidas volumétricas los diferentes cambios de presión y temperatura en el compresor producen fugas por válvulas que permiten que el aire se escape, eficiencia mecánica producto de las fricciones interna, fricción de bombas de lubricación y las pérdidas térmicas las cuales se producen debido a que el proceso de compresión de aire no es totalmente adiabático resultando esto en calor saliendo al ambiente (BOGE, 2010).

2.1.1.3 PARTES DEL COMPRESOR

Un compresor está compuesto por distintos componentes y subcomponentes para su correcto funcionamiento. Un compresor funciona como un todo si una de sus partes se ve dañada o desgastada está afectará su eficiencia en generación de aire y en muchas ocasiones llegar a fallas ocasionando paro total. Las partes más importantes de un compresor se mencionan a continuación (Llamas, 2018).:

- 1) Carcasa: En él se hallan todos los componentes del compresor y se caracteriza por tener estanqueidad sobre el líquido que pasa a través de él
- 2) Cabezal: Parte del compresor donde el aire es comprimido
- 3) Cilindro: Parte que se une a la biela a través del bulón y permite al pistón realizar el movimiento
- 4) Biela: Pieza que crea el recorrido del pistón
- 5) Manómetros: Piezas que se encargan de medir la presión de aire localmente.
- 6) Cigüeñal: Eje con contrapesos y codos que logra cambiar el movimiento de la biela de alternativa a rotativo o viceversa.
- 7) Válvulas de Carga y Descarga: Permiten al compresor realizar el paso del aire hacia las recamaras de compresión o hacia la salida de la tubería.
- 8) Motor Eléctrico: Dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.
- 9) Regulador de Presión: Se encarga de regular la presión de salida del compresor hacia la carga.
- 10) Tanque de almacenamiento: Como su nombre lo indica tanque para almacenar aire a la presión requerida para las diferentes cargas neumáticas.

Estas son las principales partes de un compresor, es preciso destacar que hay diferentes tipos de compresores (Turbocompresores, compresores de pistón, de tornillo, con banda) y pueden variar en algunos accesorios o dispositivos auxiliares sin embargo estas son las piezas que permiten la generación de aire comprimido de forma segura y confiable. Al faltar una de estas piezas puede que la operación del compresor se vea detenida o que se mantenga operando, pero muy ineficientemente esto dependiendo de la parte faltante (“Partes de un compresor,” 2017).

2.1.1.4 COMPRESOR EN LAS INDUSTRIAS A NIVEL MUNDIAL

El uso del aire comprimido como se ha mencionado anteriormente es de suma importancia en todo el ámbito de industrias por su confiabilidad, rapidez de generación y su seguridad operativa, se describirán los usos y necesidades que satisface el aire comprimido en diferentes rubros industriales (Enersa, 2016):

- 1) Plantas Termoeléctricas: Por lo general en estas plantas existen dos diferentes magnitudes de presiones del aire comprimido necesario. El primero el aire de trabajo (7-10 bar) este aire funciona como alimentación de actuadores neumáticos, bombas neumáticas, sirenas de planta, instrumentación de equipos, herramientas neumáticas. Y el otro aire que es conocido como aire de arranque (30 bar), este aire se encarga de brindarle el primer tiempo a un motor de combustión interna para proceder a la inyección de combustible y posteriormente a la generación de energía.
- 2) Talleres Automotriz: Se utiliza mayormente para herramientas neumáticas, destornilladores neumáticos, para reparación de llanta, clavadoras, remachadoras, pistolas aerografías para realizar actividades de pinturas sobre el automóvil. La parte del aire comprimido es fundamental para realizar un excelente trabajo en cualquier pieza metálica sobre todo en la rama de pintura.
- 3) Plantas Textiles: El aire comprimido se utiliza mayormente para ciertas herramientas neumáticas, para limpieza de ciertas áreas críticas de las industrias. Así como hay nuevos métodos para la tejeduría con chorros de aire a presión. La calidad del aire que debe salir a través del compresor debe ser tal que evite el ensuciamiento o humectación de las telas provocadas por el aire.

4) Plantas alimenticias y de bebidas: El aire en las plantas de alimentación y de bebidas es más que imprescindible, procesos en los cuales la calidad del aire debe ser de la mayor calidad posible, sin residuos de agua o aceite, para el funcionamiento de válvulas, actuadores en las líneas de llenado, envasado y embotellado. La contaminación por aceite puede generar daño al producto a los envases y a los componentes electromecánicos. También alimentan máquinas que permiten realizar diferentes procesos dentro de la misma industria, bombas neumáticas, sopladoras, inyectoros (Enersa, 2016).

2.1.1.5 TECNOLOGÍA Y AUTOMATIZACIÓN

Según PwC (PricewaterhouseCoopers) la tecnología afectará los perfiles laborales de una empresa, durante los próximos 20 años. El informe lo divide en tres diferentes olas en las cuales habrá los cambios y los cuales afectarán a la población en general. Primero es el algoritmo se enfocará en los trabajos de ordenador y efectuará una pérdida de empleos del 2% para los hombres y 4% para las mujeres, los trabajos informáticos y relacionados con el sector financiero donde más se noten las consecuencias de aquí a 2020. La segunda ola será la de aumento, la cual se enfocará en la automatización que solía realizar el ser humano, como la conducción de vehículos o transporte de mercancía a almacenes, esto afectará un 23% a las mujeres y un 16% a los hombres, la última ola es la de la autonomía donde se supone que un 30% de los empleos podrán ser automatizados, los hombres serán los que más sufrirán 34% de desempleados y un 26% de mujeres perderán su trabajos por culpa de la autonomía. El informe de PwC pone de manifiesto que los países con más alto riesgo de automatización para el año 2030, entendido como una mayor pérdida de fuerza laboral humana, son: Estados Unidos (38%), Alemania (35%), el Reino Unido (30%) y Japón (21%). Los sectores más afectados por la automatización son transporte (56%), fabricación (46%) y mayorista / minorista (44%) (Tribuna, 2018).

La automatización en el mundo va creciendo a pasos impensados como lo menciona el estudio, la mayoría de las industrias hacia el año 2030 tendrán la mayoría de sus procesos automatizados lo cual provocará que exista una variación drástica en los perfiles profesionales que se manejan el día de hoy. Ya se ha iniciado a explotar todas las ventajas que brinda la automatización sobre todo en las empresas, ya que les permite reducir costo de energía, costos por mantenimiento e inclusive reducir Horas hombre, con el hecho de realizar programas

automatizados que permitan monitorear, controlar y tomar decisiones sobre los procesos indispensables en las diferentes industrias (Tribuna, 2018).

2.1.2 ANÁLISIS DE MICRO ENTORNO

En Honduras existe variedad de industrias, enfocadas en satisfacer las diversas necesidades que tiene la población local, así como la exportación de productos calificados. Estas empresas en su mayoría dependen del aire comprimido para poder llevar a cabo sus procesos y entregar un producto finalizado al cliente. Esta sección se enfocará en describir el consumo de los compresores en las industrias, las diferentes variables que afectan un sistema de calidad de aire comprimido y las cuales golpean directamente las utilidades de las empresas hondureñas (Enersa, 2016).

El mayor costo sobre los compresores a lo largo de su vida es la electricidad para su funcionamiento, como segundo mayor costo es el de mantenimiento y por último la inversión inicial como se observa en la figura cuatro. Debido a esto las industrias están enfocadas en buscar mejoras o proyectos sobre eficiencia energética que reduzca el porcentaje del costo de la energía en estos equipos. Sin embargo, para esto es necesario conocer la planta, el objetivo integral de los compresores en la planta y proceder a realizar una auditoría sobre el sistema de aire comprimido de la planta, para luego buscar soluciones que satisfagan las necesidades de una planta y permitan la reducción de costos operativos en las mismas (“5 consejos para el ahorro energético en el aire comprimido,” n.d.).

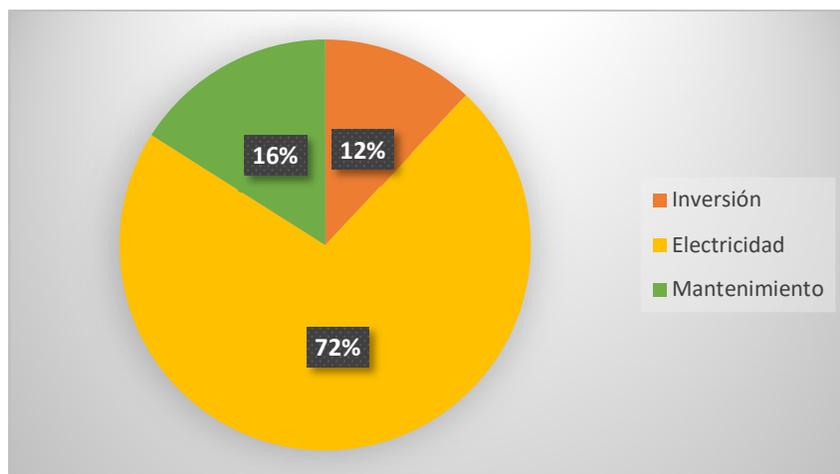


Figura 4 Estimación de costos

Fuente: (BOGE, 2010a)

El consumo de aire dentro de una planta se puede distribuir en tres categorías importantes, fugas (las cuales no se abordarán en esta investigación), actuadores y sopladores. Los sopladores incurren en el mayor consumo de aire comprimido dentro de una planta. En la industria de alimentos o bebidas los sopladores son equipos vitales para la productividad de las líneas de llenado, envasado y embotellado, generando esto un consumo alto de aire (BOGE, 2010)

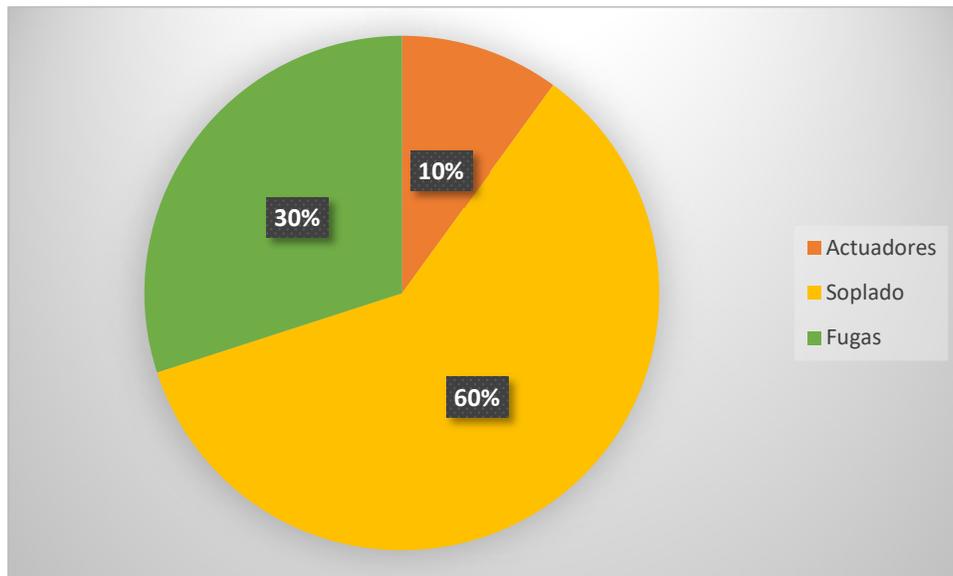


Figura 5 Consumo de aire comprimido por aplicación

Fuente: (Vilche, 2012)

Como se observa en la figura cinco dentro de una industria hay distintos dispositivos que utilizan el aire comprimido y también existe un porcentaje que se pierde por fugas en el sistema. Para poder controlar el 60% que es soplado es necesario que las organizaciones realicen periódicamente estudios como ser eficiencia energética, estudio de carga y dimensionamiento de la situación actual de la empresa y posteriormente definir planes de acción en función de minimizar costos y brindar mejor confiabilidad al sistema de aire comprimido (Vilche, 2012).

En Honduras, la digitalización del sistema manufacturero solo se aplica en un 30 por ciento en las empresas. La automatización del sistema de producción es una característica propia de la Cuarta Revolución Industrial o la también llamada Industria 4.0. Lo anterior fue expresado por Dennis Aguilar, director de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de Honduras (UTH). Existen variadas tecnologías que las empresas deben adoptar, pero depende de cada sector, de cada industria, empresa o Pyme adaptarse a los nuevos sistemas de gestión y a los procesos productivos; un cambio que les permitirá evolucionar y crear sinergias con las que deben hacerse más fuertes y competitivos. “En aras del desarrollo, en Honduras se están dando pasos agigantados, trabajando en ese tema”, refirió Aguilar. “A nivel de Centroamérica en uso de

tecnologías, el país está en tercer lugar, nos supera Costa Rica, Guatemala y El Salvador, explicó. La digitalización de los procesos industriales implica entre otras herramientas el uso la inteligencia artificial con las máquinas, es decir, robots industriales. (PAIS, 2018)

Como lo menciona el informe superior las industrias no están aprovechando ni el 50% de la automatización, provocando esto una pérdida económica alta, que todavía no logran evaluar y mitigar. Sin embargo, la causa raíz de esta falencia en la industria proviene en parte de la poca información que se brinda sobre la automatización tanto a nivel académico como a nivel de gestión de organizaciones sobre todo orientado a gerentes de planta, de manufactura inclusive calidad que desconocen estas técnicas innovativas que pueden ayudarles más fácilmente y a un menor costo a cumplir sus objetivos (PAIS, 2018).

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

El giro económico de Cervecería Hondureña es la producción, envasado, comercialización y distribución de cervezas, bebidas carbonatadas, jugos y té. Su modelo de negocio está alineado a las prioridades estratégicas de Desarrollo Sostenible de AB-INBEV, diez en total, las cuales garantizan la alta calidad en la manufactura de sus productos y orienta el mercado responsable de sus marcas. Desde sus inicios en 1915, Cervecería Hondureña ha contribuido al desarrollo económico, social y ambiental de Honduras, manteniéndose como líder en el mercado. Luego de su fundación en el año 1916 nace la primera marca de producida por Cervecería Hondureña cerveza Salvavida, posteriormente en 1928 se comienza con la producción de bebidas carbonatadas bajo la marca registrada de Coca Cola company ampliando el portafolio de productos que la empresa produce e incrementando lo que es su volumen de producción. (“Cervecería Hondureña - Nosotros,” n.d.)

Cervecería Hondureña en planta de refrescos consta de las siguientes áreas: procesamientos de jarabes, sala de máquinas, sala de compresores de alta presión, seis líneas de producción, bodega, almacén de materias primas y centro de distribución teniendo todo un mismo objetivo en común la producción y distribución de bebidas carbonatadas para todo Honduras. Cada una de las seis líneas de producción están dedicadas a diferentes tipos de productos, línea uno y líneas dos producen bebidas carbonatadas en empaques de vidrios. Líneas tres, línea cuatro, línea cinco y línea seis producen bebidas carbonatadas en empaques desechables de plástico PET. (“Cervecería Hondureña - Nosotros,” n.d.)

Dentro de las instalaciones de Cervecería Hondureña el aire comprimido se utiliza en diferentes etapas del proceso de producción, como aire de trabajo y de pilotaje, por ejemplo, para controlar válvulas, cilindros o pinzas. También se utiliza para lo que es la formación de las botellas de plástico PET que se producen en las líneas tres, línea cuatro, línea cinco y línea seis (Anexo uno). En estos casos es necesario extraer las partículas de suciedad contenidas en el aire para evitar la corrosión y el desgaste prematuro de los componentes neumáticos. Para esta aplicación se recomienda utilizar un secador por frío central con separador de aceite y un filtro grueso. Se utiliza para el transporte, el mezclado o, en general, para la producción del alimento, entrando de este modo en contacto directo con el alimento. También se utiliza en el proceso de producción de botellas de plástico por medio de soplado de moldes (“FOOD_manual_compressed_air_es.pdf,” n.d.).

En la industria de bebidas, el aire comprimido debe satisfacer las más estrictas exigencias de calidad. Su cumplimiento es de vital importancia para garantizar la mayor calidad posible de las bebidas y, por lo tanto, para proteger la salud de los consumidores. Por este motivo, una preparación del aire comprimido según la norma y energéticamente eficiente para soluciones de automatización exige considerar diferentes parámetros como las clases de calidad para partículas sólidas, contenido de agua y contenido total de aceite.(“FOOD_manual_compressed_air_es.pdf,” n.d.)

Dentro de Cervecería Hondureña se utiliza el aire comprimido para toda su operación ya que todas las maquinas funcionan basadas en accionamientos de componentes neumáticos, por lo tanto, se debe de generar aire comprimido a baja presión (seis Bar) y aire comprimido a alta presión (30 Bar) para el funcionamiento de toda la operación lo que genera un gran consumo de energía como se puede observar en la tabla uno. Cervecería Hondureña tiene un consumo de energía eléctrica promedio de 4.8 millones de KWH equivalente a 13 Millones de lempiras mensualmente. Dicho consumo varía según la cantidad de horas de trabajo de cada una de las líneas de producción de la planta. La producción dentro se mide en hectolitros y esta impacta de forma directamente en el indicador interno de consumo eléctrico por hectolitro producido (KWH/HL), Cervecería Hondureña se encuentra en búsqueda de la mejora continua en reducción de sus consumos para poder producir al menor costo con la mayor calidad en sus productos.(“Reporte de energía control semanal año 2018,” 2018)

Tabla 1. Resumen año 2018 consumo energía.

Año 2018	Hectolitros	KWH
Enero	557,654.19	2,319,299.00
Febrero	436,196.82	1,878,539.00
Marzo	614,888.93	2,500,104.00
Abril	547,783.97	2,356,496.00
Mayo	590,231.46	2,605,309.00
Junio	523,505.14	2,292,989.00
Julio	582,056.34	2,476,538.00
Agosto	574,170.97	1,878,575.00
Septiembre	533,675.93	2,294,614.00

Fuente: (Cervecería Hondureña, 2018)

En la tabla uno se observa el comportamiento de consumo eléctrico versus la producción mensual de bebidas en hectolitros de la planta de refrescos de la empresa Cervecería Hondureña. La relación entre estas dos variables es directamente proporcional a mayor producción, mayor consumo de energía eléctrica. Solo en el mes de agosto se observa que no hay una relación directa, la razón a ello es que en ese mes se tuvo que generar energía con fuentes propias y no se tuvo consumo de la ENEE (Cervecería Hondureña, 2018).

2.2 TEORÍA DE SUSTENTO

Es un conjunto de estructuras (conceptos, definiciones y proposiciones) interrelacionados que presentan una perspectiva sistemática de los fenómenos especificando las relaciones. Es el objetivo principal de la ciencia, es una combinación que se proyecta en una perspectiva sistemática de los fenómenos con el fin de describir, explicar, predecir y controlar los fenómenos. Las teorías de investigación son aquellas que nos permiten tener en consideración el alcance que se planteara del estudio de prefactibilidad. A continuación, se presentan las teorías y el enfoque que abarcara cada una de ellas para determinar el desarrollo del proyecto (Ibarra, 2018).

2.2.1.TEORÍA DE LICITACIÓN

Para el estudio de mercado desde un punto de vista de oferta se realizó en base en el modelo de la licitación la cual permite convocar a los interesados en realizar el proyecto y mediante condiciones previamente definidas por parte de CHSA, les permite a los licitadores entregar la propuesta económica que consideran satisfactoria según sus necesidades para realizar la implementación del proyecto. Loaiza (2014) plantea que “la licitación es un proceso participativo por el cual se busca adquirir mejores condiciones de compra convenientes para un determinado proyecto u obra” (p. 14).

Mediante la licitación se pretende lograr reducir los costos de inversión inicial por la implementación del proyecto, a la vez corroborar que en el mercado local existen proveedores capaces de realizar el programa, la instalación completa de hardware y software, el proceso de puesta en marcha del proyecto y la capacitación necesaria a los operadores de los compresores de alta presión. Mediante este modelo se determinará el alcance del proyecto los requerimientos técnicos, logísticos y financieros solicitados por CHSA para participar en el concurso de licitación (Loaiza, 2014).

2.2.2.PROYECTO KAIZEN

Para el estudio técnico se utilizó la metodología Kaizen. La palabra Kaizen proviene de los términos japoneses "Kai" modificaciones y "Zen" para mejorar, por lo que se podría definir como proceso de mejora continua. La filosofía Kaizen supone asumir la cultura del mejoramiento continuo, que se centra en la eliminación de los desperdicios y derroches en los sistemas productivos. El origen del Kaizen se remonta a Japón, donde al terminar la Segunda Guerra Mundial, el país se enfrentaba a muchos problemas en su industria, por lo que decidieron crear la JUSE (Unión Japonesa de Científicos e Ingenieros) e invitar a Dr. William Edwards Deming y a Joseph Juran en varios de sus seminarios, creando en uno de ellos esta nueva metodología para mejorar el sistema empresarial. Los fundamentos más importantes en la realización de la filosofía Kaizen son "Compromiso" y "Disciplina", a todo el nivel de la organización. El kaizen se basa en el círculo de Deming como herramienta para conseguir la mejora continua: planear, hacer, verificar y actuar (Granel, 2018).

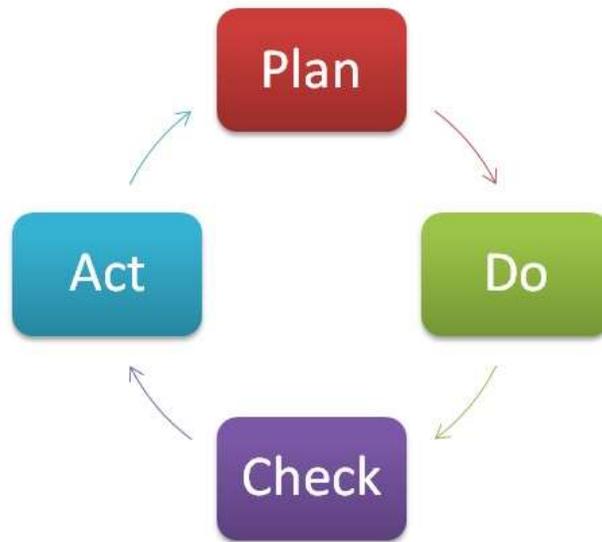


Figura 6 Círculo de Deming

Fuente: (Bernal, 2017)

En la figura número seis se observa el ciclo de Deming para la implementación de una mejora en un proceso, los cuales son los siguientes (“El ciclo de Deming o círculo PDCA,” 2013).:

- 1) Planificar (Plan), se establece un plan de acción para lograr alcanzar un objetivo en específico. Dicho plan se puede obtener mediante la ejecución de grupos de trabajo, escuchar las opiniones de los trabajadores, etc.
- 2) Hacer (Do), se ejecuta el plan de acción que se estableció con el equipo de trabajo en el paso anterior.
- 3) Verificar (Check), una vez ejecutadas las actividades se debe funcionamiento. Si la mejora no cumple las expectativas iniciales se debe modificar y volver al primer paso.
- 4) Actuar (Act), una vez finalizado y verificado que se obtuvieron los resultados esperados después de implementar la mejora, se debe volver al primer paso periódicamente para estudiar nuevas mejoras a implantar en el mismo proceso que ya se mejoró.

Granel (2018), menciona los pasos para implementar la filosofía Kaizen en una empresa los cuales son:

- 1) Selección del tema, el tema a seleccionar puede ser decidido por la presidencia o la gerencia siempre que éste sea acorde con los objetivos de la empresa. Posibles temas que tratar pueden ser la productividad (reducción de desperdicios), calidad (requerimientos del cliente) o la seguridad (reducción de accidentes).
- 2) Creación de equipo de trabajo, los equipos deben ser siempre que se pueda multidisciplinario, es decir, formado por personas de diferentes áreas, para que todas ellas aporten el conocimiento y la experiencia de su área de trabajo. Es recomendable que cada grupo cuente con un líder, que sea el responsable de coordinar las reuniones e informar sobre el progreso.
- 3) Obtención y análisis de datos, la recolección de datos por parte del equipo tiene como finalidad determinar las causas principales para arreglar el problema.
- 4) Gembutsu Gemba, esta fase consiste en acudir al área donde se produce el problema y verificar los datos obtenidos en la fase anterior junto con las personas que trabajan en dicha área.
- 5) Plan de contramedidas, es necesario tomar contramedidas para aquellos problemas que son críticos para la mejora del proceso de la empresa, que se registrarán en un plan que incluya fechas para implementarlas y responsables de la ejecución de estas.
- 6) Seguimiento y evaluación de resultados, el equipo llevará un seguimiento mediante gráficos del problema y si es necesario volverá a realizar los pasos anteriores para su verificación en el área de trabajo.
- 7) Estandarización y expansión, tras varios meses con buenos resultados se define que el problema está en control y se registra para que, posteriormente, puedan ser aprovechados los cambios introducidos.

2.2.3. TEORÍA DE ANÁLISIS FINANCIERO

El estudio financiero es de suma importancia ya que depende de él si se tomará la decisión final implementar o no el proyecto, por lo cual se evaluarán los factores que solicita la gerencia de CHSA para la toma de decisiones las cuales son: Valor presente neto (VPN), Tasa interna de retorno (TIR) y tiempo estimado de recuperación de la inversión (PAYBACK). Una vez

obtenidos los estudios de mercado y técnicos procedemos a evaluar la factibilidad económica del proyecto. Será necesario determinar la inversión inicial del proyecto, así como los flujos de ahorro anuales que se tendrá por implementar dicho proyecto. Para la evaluación del proyecto se tomó en cuenta tres criterios financieros establecidos, el valor presente neto debe de ser mayor de cero lo que indica que el proyecto dará beneficios, tasa interna de retorno mayor o igual que la tasa de costo de oportunidad de Cervecería Hondureña y por último el tiempo de retorno de la inversión (payback) el cual de ser menos o igual al tiempo establecido por la compañía. (Chauvin, 2011)

2.3 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se detallan los términos conceptuales más importantes utilizados en el proyecto con el fin de brindar al lector una comprensión general del mismo.

- 1) Control lógico programable (PLC), dispositivo electrónico que permite la realización de algoritmos que permitan realizar automatización de un proceso con un fin específico (Murillo, 2013).
- 2) Diagrama: Es un gráfico que puede ser simple o complejo con pocos o muchos elementos pero que sirve para simplificar la comunicación y la información sobre un proceso determinado (Concepto, 2018).
- 3) Valor presente neto (VPN): Es el método más conocido a la hora de evaluar proyectos de inversión a largo plazo. El valor presente neto permite determinar si una inversión cumple con el objetivo básico financiero. Maximizar una inversión (Chauvin, 2011).
- 4) Tasa interna de retorno (TIR) es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece un proyecto (Chauvin, 2011).
- 5) Tiempo de recuperación de la inversión (PAYBACK), este criterio es propio para la consideración de cada inversionista. Según el criterio de cada inversionista el decide si puede esperar o no el tiempo estimado en el Payback (Chauvin, 2011).
- 6) Aire comprimido: El aire comprimido se consigue usando unos equipos denominados compresores, que aspiran el aire atmosférico y lo comprimen hasta llegar a un valor de presión requerido y superior al de la presión atmosférica a la que se encontraba. Este valor de presión puede ser de unos gramos/cm² sobre la atmósfera o de muchos kg/cm². Hoy en día,

es una de las fuentes de energía más utilizada, debido a su seguridad, rapidez y facilidad de manejo (“Aire comprimido,” n.d.).

- 7) Automatización Industrial: Es la aplicación de diferentes tecnologías para controlar y monitorear un proceso, máquina, aparato o dispositivo que por lo regular cumple funciones o tareas repetitivas, haciendo que opere automáticamente, reduciendo al mínimo la intervención humana. Lo que se busca con la automatización industrial es generar la mayor cantidad de producto, en el menor tiempo posible, con el fin de reducir los costos y garantizar una uniformidad en la calidad (automatización industrial, 2011).
- 8) Eficiencia: La eficiencia en una máquina motriz se define como la relación entre la energía de entrada entre la energía útil el trabajo que se realiza mediante la entrada (Ortega, 2015).
- 9) Licitación: El proceso de sacar algo a subasta o concursos públicos (ASALE, 2014).
- 10) Consumo Eléctrico: es la cantidad de energía demandada por un determinado punto de suministros durante un plazo de tiempo denominado periodo de facturación (“Consumo Eléctrico en España,” 2018).
- 11) PET: Siglas de tereftalato de polietileno, es un tipo de plástico utilizado mayormente en los envases de bebidas, en especial botellas de agua y textiles (“Inforeciclaje. El portal con información sobre el reciclaje.,” n.d.).
- 12) Sopladora: Maquinaria encargada de brindarle forma a las botellas PET mediante el proceso de aire comprimido (Bisanti, 2016).
- 13) FUP: Se trata de una programación basada en bloques lógico del estilo OR, AND. Su nombre viene de la palabra germana Funktionsplan que significa diagrama de funciones (Logo, 2014).
- 14) KOP: Se trata de una programación mediante contactos eléctricos y significa Kontaktplan (Logo, 2014).
- 15) AWL: Lenguaje total orientado a la máquina, son pasos programados con los que CPU ejecuta el programa y estas se pueden reunir en segmentos (“Lenguaje de programación AWL,” n.d.).
- 16) Algebra Booleana: Es toda clase o conjunto de elementos que pueden tomar dos valores perfectamente diferenciados que se designan 0-1 y que están relacionados por dos operaciones binarias denominadas sumas y producto (“Algebra_Boole.pdf,” n.d.).

17) Mapa Karnaugh: Es un mapa que permite la simplificación de circuitos lógicos en la algebra booleana (“electronica-digital.pdf,” n.d.).

2.4 MARCO METODOLÓGICO

Para la implementación de este proyecto se utilizó un sistema autómatas industrial (PLC), al cual se le debe de programar las instrucciones a ejecutar en secuencia lógica para un correcto funcionamiento del sistema. Para la programación de un sistema autómatas existen distintos lenguajes de programación dentro de los cuales existen: diagrama de funciones (FUP), diagrama en escalera (KOP) y listado de instrucciones (AWL). (Cerde, 1991a)

Diagrama de funciones (FUP, figura siete) está íntimamente ligada con la lógica booleana, ya que todas las funciones se representan por medio de funciones lógicas tales como: OR, AND, NOT, XOR, NAND, NOR, etc. Además, incluye funciones matemáticas más complejas en forma de bloques. Diagrama de escalera (KOP, figura ocho) usa lógica booleana por medio de contactos eléctricos en serie y en paralelo. Actualmente es el lenguaje más ocupado en la programación de PLC's ya que es muy fácil de entender para personas familiarizadas a diagramas eléctricos. Listas de instrucciones (AWL) se parece mucho a la programación utilizada en Ensamblador ya que busca dar instrucciones en un nivel muy bajo de programación para que el controlador no pierda mucho tiempo en traducir la información. La gran desventaja que existe con este lenguaje es el tamaño del código que se hace más grande mientras más complejo se hace el proceso.(Cerde, 1991)

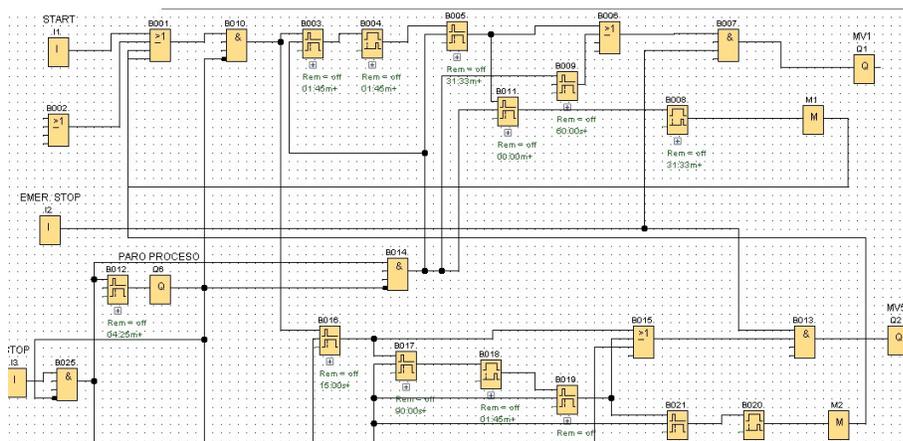


Figura 7 Diagrama de funciones

Fuente: (Cruz, 2018).

En la figura siete, se ilustra la forma en cual se programa en el lenguaje de FUP, bloques previamente diseñados, unidos mediante líneas que representan el cableado eléctrico o caminos eléctricos crean relaciones lógicas que permiten el paso de la corriente hacia las salidas que al final energizan los dispositivos que se espera funcionen (motores, actuadores, sopladores), pudiendo esto ser un dispositivo a la vez, varios dispositivos a la misma vez, o creando una secuencia lógica de arranques y paros (Cruz, 2018)..

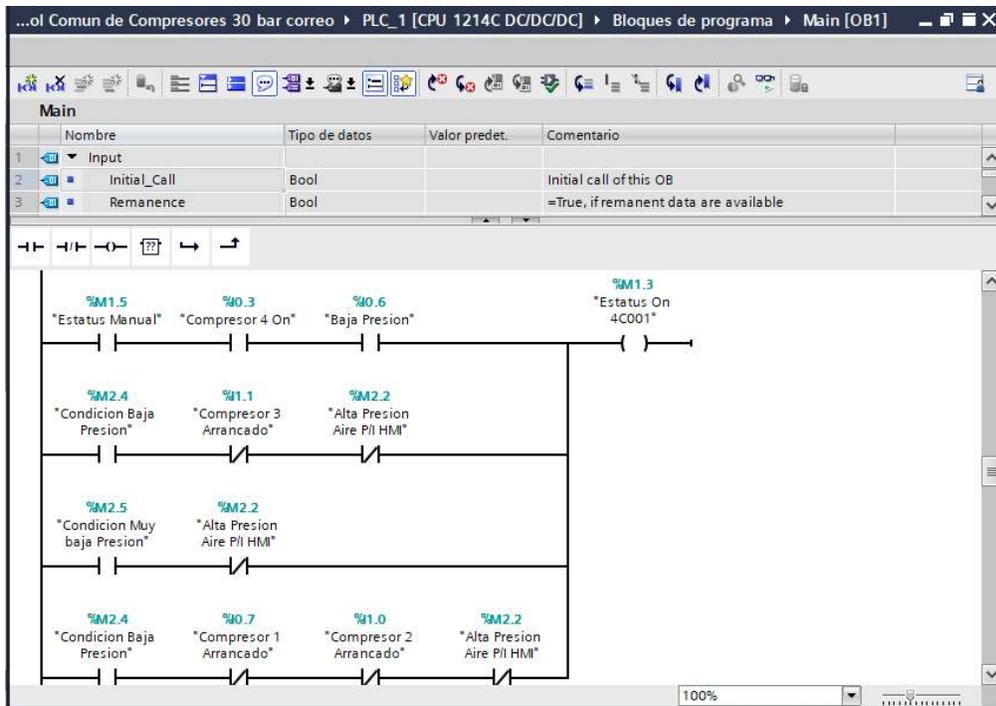


Figura 8 Diagrama Escalera

Fuente: (Cruz, 2018).

En la figura ocho, se ilustra la programación mediante escalera KOP, y se ve representada por los contactos eléctricos auxiliares de los dispositivos de control de un circuito eléctrico, cada uno de ellos representa un pulsador, una perilla, un contacto de un relé, un contacto de un guardamotor, que en el sentido análogo son las condiciones que se espera existan para realizar una determinada acción o indicación. Las salidas por lo general representadas por bobinas se cablean hacia contactores de arranque de dispositivos, o a lámparas señalizadoras de alguna situación normal o anormal dependiendo el caso (Cruz, 2018).

Para determinar las posibles combinaciones de cantidad de sopladoras en funcionamiento y la cantidad de compresores que se encuentran encendidos generando aire comprimido se utilizó la metodología de mapa de Karnaugh, este diagrama utilizado para la simplificación de funciones algebraicas Booleanas. El mapa de Karnaugh fue inventado en 1950 por Maurice Karnaugh, un físico y matemático de los laboratorios Bell. Consiste en una representación bidimensional de la tabla de verdad de la función a simplificar. Puesto que la tabla de verdad de una función de N variables posee 2^N filas, el mapa K correspondiente debe poseer también 2^N cuadrados. Las variables de la expresión son ordenadas en función de su peso y siguiendo el código Gray, de manera que sólo una de las variables varía entre celdas adyacentes. La transferencia de los términos de la tabla de verdad al mapa de Karnaugh se realiza de forma directa, albergando un 0 o un 1, dependiendo del valor que toma la función en cada fila. Las tablas de Karnaugh se pueden utilizar para funciones de hasta 6 variables (“APLICACION DEL MAPA DE KARNAUGH,” 2014).

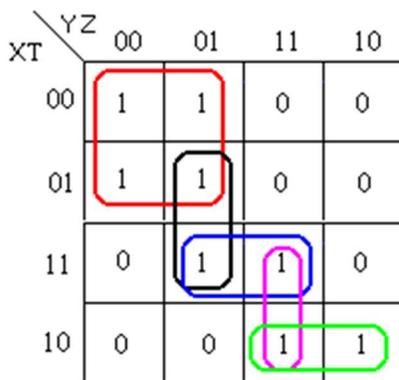


Figura 9 Mapa de Karnaugh

Fuente: (“MAPAS DE KARNAUGH,” n.d.)

En la figura nueve, se ejemplifica un mapa de Karnaugh donde a mano izquierda se representa el eje XT y en la parte superior YZ que determinan las posibles combinaciones del primer cuadro (arriba a la izquierda “00”) cada una de ellas representa las posibles combinaciones que pueden existir en la algebra booleana 2^N buscando de esta forma llegar a la combinación posible utilizando como ayuda y referencia una tabla de verdad. Con esta forma la combinación resultante es prioridad al momento de la decisión (“APLICACION DEL MAPA DE KARNAUGH,” 2014).

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Dentro del capítulo tres se encuentra el desarrollo la metodología de la investigación a seguir para poder obtener respuesta a las preguntas de investigación y los objetivos. Se realizó la congruencia metodológica, matriz metodológica donde se observan las variables tanto dependientes e independientes del problema de investigación. También se definieron las técnicas e instrumentos necesarios para la recolección de datos y su interpretación de los datos recolectados. Además, se definió la población a investigar, la muestra, unidad de análisis, unidad de respuesta y las fuentes de información, en las cuales hemos tomado como base para sustentar el estudio.

3.1 CONGRUENCIA METODOLÓGICA

La congruencia metodológica es donde se enlaza las teorías de sustento de nuestra investigación y la metodología que se utilizó para poder determinar nuestra matriz metodológica, poder operacionalizar las variables y llegar a una hipótesis.

3.1.1.MATRIZ METODOLÓGICA

La matriz metodológica es una herramienta que nos permite diseñar en forma general el proceso de investigación que se va a seguir. También define la correlación que existe entre la información de los capítulos uno y dos (planteamiento del problemas y marco teórico) para que el análisis y orientación de la toma de datos sea acorde a la investigación y poder llegar a conclusiones y recomendaciones que aporten valor a la investigación.

Tabla 2. Matriz Metodológica

PREFACTIBILIDAD PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE SALA DE COMPRESORES DE ALTA PRESIÓN					
Problema	Preguntas de Investigación	Objetivos		Variables	
		Objetivo General	Objetivo Específicos	Independiente	Dependiente
¿Qué tan factible en términos mercado, técnicos y financiero, es la implementación de un sistema automatizado para controlar la utilización de los compresores de alta presión según la demanda de las sopladoras?	¿Qué tan factible es realizar la automatización del sistema de alta presión mediante proveedores en el mercado local?	Evaluar en términos mercado, técnicos y financiero la implementación de un sistema automatizado para controlar la utilización de los compresores de alta presión según la demanda de las sopladoras	Analizar si es factible realizar la automatización del sistema de alta presión mediante proveedores en el mercado local.	Mercado	Consumo Eléctrico
	¿Cuál es el beneficio técnico que nos brindara automatizar el sistema de aire comprimido de alta presión en la planta?		Identificar el beneficio técnico que nos brindara automatizar el sistema de aire comprimido de alta presión en la planta.	Técnico	
	¿Cuál será el impacto financiero al implementar la automatización del sistema de compresores de alta presión?		Evaluar el impacto financiero al implementar la automatización del sistema de compresores de alta presión.	Financiero	

La tabla dos, muestra la correlación entre las variables independientes y las dependientes que forman parte del estudio de automatización de los compresores de alta presión en CHSA. Así como detallar como mediante esas variables se responderán a las preguntas de la investigación y si será posible solucionar el problema inicial de investigación.

3.1.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En el siguiente diagrama se presentan las variables que influyen en la automatización de los compresores de alta presión de CHSA que reducirán el consumo eléctrico, y los cuales intervienen en la viabilidad del proyecto ya que, si una de ellas falta, el proyecto se comprometerá.

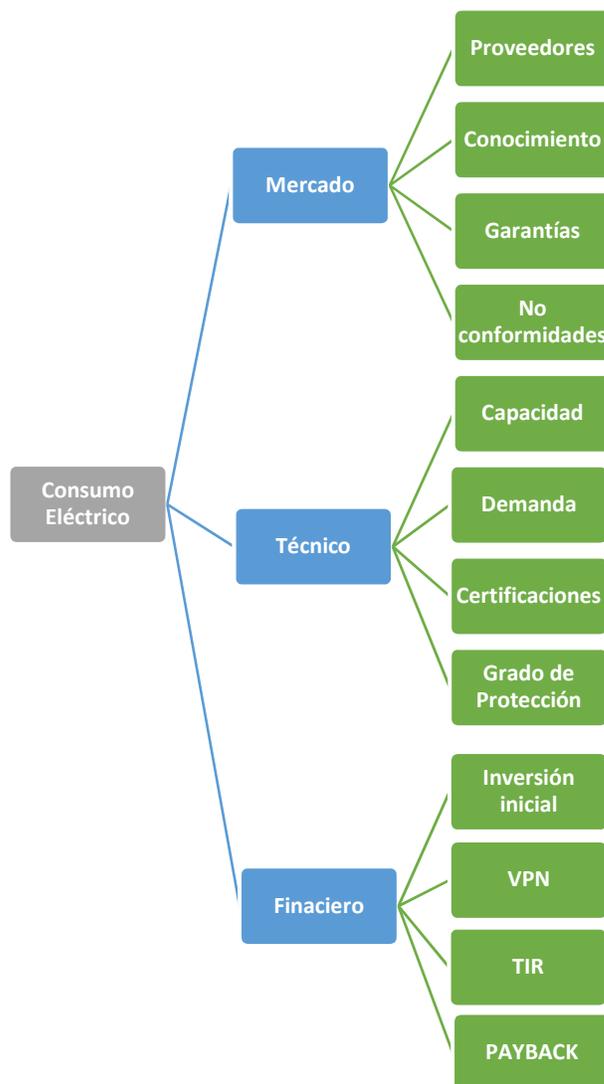


Figura 10 Operacionalización de variables.

En la figura 10, se representan las variables tanto dependiente como independientes que influyen en el proyecto de investigación, también se desglosa las dimensiones que impactan en cada una de las variables.

Tabla 3. Operacionalización de las variables

Variable	Definición		Dimensión	Indicador	Item
	Conceptual	Operacional			
Mercado	"El mercado es el contexto en donde tienen lugar los intercambios de productos y servicios, es decir, que en ese contexto es en dónde se llevan a cabo las ofertas, las demandas, las compras y las ventas". ("¿Qué es el mercado? - Economía.WS," 2007)	Es el personal que cuentan con el equipo y conocimiento para brindar servicios de automatización industrial.	Conocimiento	Competencia	1
			Proveedor	Diferencia de ofertas	2
			Garantía de Trabajo	>1 año	3
			No conformidades al entregar producto finalizado	< 2	4
Técnico	"Consiste en resolver las preguntas referentes a dónde, cuándo, cuánto, cómo y con qué producir lo que se desea, por lo que el aspecto técnico operativo de un proyecto comprende todo aquello que tenga relación con el funcionamiento y la operatividad del propio proyecto" (Baca, 2013)	Es el estudio de la capacidad instalada de compresores en la planta para determinar con cuantos se puede operar según la demanda de la maquinaria.	Capacidad	Flujo de aire comprimido generado en M3/H	5
			Demanda	Flujo de aire comprimido requerido por maquinaria en M3/H	6
			Certificaciones internacionales / normas de equipo y materiales a usar	nfpa/ul/ce/rohs	7
			Grado de Protección de Panel	> IP66	8
Financiero	La evaluación financiera tiene como objetivo determinar los niveles de rentabilidad de un proyecto para lo cual se compara los ingresos que genera el proyecto con los costos en los que el proyecto incurre tomando en cuenta el costo de oportunidad de los fondos. ("Evaluación Financiera," 2007)	Es el estudio mediante el cual la empresa aprobara la inversión inicial para el proyecto mediante el análisis de valor presente neto, tasa interna de retorno y tiempo de retorno de la inversión.	Inversión inicial	Costo de implementación	9
			Valor presente neto	Debe ser mayor que cero	10
			Tasa interna de retorno	Debe ser mayor o igual que el WACC de la empresa	11
			Tiempo de retorno de la inversión	Debe ser menor o igual al establecido por la empresa	12

La tabla tres, muestra las variables independientes, sus dimensiones y bajo que indicadores están evaluados. Este análisis permite identificar si cada una de las variables logra satisfacer las necesidades y el alcance esperado del proyecto.

3.1.3.HIPÓTESIS

Bernal (2010) establece “que la hipótesis son afirmaciones o suposiciones que hace el investigador respecto al problema de investigación, las cuales direccionan el problema objeto de investigación, identifican las variables objeto de análisis nos ayudan a orientar el uso de métodos y técnicas de obtención de información” (p. 143).

Hipótesis Alternativa: Automatizar los compresores de alta presión en la planta de refresco de CHSA durante las horas de baja demanda representará para la empresa una TIR mayor o igual que la tasa de costo de capital.

Hipótesis Nula: Automatizar los compresores de alta presión en la planta de refresco de CHSA durante las horas de baja demanda representará para la empresa una TIR menor que la tasa de costo de capital.

3.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Tomando en consideración las variables a evaluar para resolver las preguntas de investigación se presenta el enfoque y metodología con la cual orientaremos el estudio para validar las hipótesis, concluir sobre la pregunta principal si es rentable la automatización de los compresores de alta presión en CHSA desde el punto de vista mercado, técnico y financiero, para esto se define el enfoque dominante como el cuantitativo ya que se medirán ambas variables para determinar los cambios reales que surge la variable dependiente. Dentro del diseño de la investigación se definen la metodología utilizadas para responder a las preguntas planteadas inicialmente, así mismo incluye las herramientas que se utilizaran para cumplir los objetivos fijados al inicio del proyecto. En la figura 11, se detalla el esquema utilizado para describir la característica de la investigación de forma gráfica.

ENFOQUE Y MÉTODOS	
ENFOQUE	• Cuantitativo
ESTUDIO	• Experimental
DISEÑO	• Cuasiexperimental
ALCANCE	• Descriptivo
MÉTODO	• Análisis Técnicos
TIPO DE MUESTRAS	• Probabilística
TÉCNICAS	• Observación • Medición

Figura 11 Enfoque y métodos

La figura 11, se describe el diseño de la investigación la cual presenta un enfoque totalmente cuantitativo, ya que se medirán las variables dependientes e independientes, se hará una investigación experimental donde se manipulara una de las variables independiente para medir el efecto que causa en la variable dependiente, se determinará si existen proveedores técnicos en el mercado de San Pedro Sula que puedan realizar el programa para automatizar el sistema, a la vez se realizarán pruebas técnicas basadas en la operación de los compresores en diferentes estaciones alta, media y bajas demanda de carga de aire (cuasiexperimental), el alcance de la investigación es descriptivo ya que se fundamenta en describir la situación actual del consumo energético y cómo podemos mejorarlo, es un estudio transversal del cual se tomaran datos históricos de una año atrás, la muestra es de forma probabilística y semi aleatoria ya que del consumo eléctrico total se estudiara solamente el consumo eléctrico generado por los cuatro compresores de alta presión de CHSA, que para fines de este estudio es lo que interesa.

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

(Hernández et al., 2010) establecen que para lograr responder a las preguntas de investigación planteadas y cumplir con los objetivos del estudio, se debe seleccionar un diseño de investigación específico. Cuando se define un diseño es para establecer un plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea. Existen dos tipos de diseños de

investigación: cuantitativa y cualitativo, y dos tipos de enfoque experimental y no experimental. El diseño de nuestra investigación es de tipo cuantitativo en su enfoque experimental.

3.3.1 POBLACIÓN

Una vez teniendo definida la unidad de análisis se debe delimitar la población que va a ser estudiada y sobre la cual se pretende generalizar los resultados. La población es el conjunto de todas las personas u objetos que concuerdan con una serie de características especificadas. (Hernández et al., 2010). Se definió la población como los cuatro compresores de alta presión que se encuentran instalados dentro de la planta de refrescos de Cervecería Hondureña.

3.3.2 MUESTRA

La muestra es un subgrupo de la población de interés que hemos definido anteriormente y sobre la cual procederemos a recolectar datos. La muestra debe delimitarse con precisión y debe ser representativa de la población, debido a que la población es solamente de cuatro compresores se toma la muestra como el total de la población. (Hernández et al., 2010)

Para calcular la cantidad de medición a realizar de la muestra de los cuatro compresores se utilizó la siguiente fórmula:

$$1) n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)e^2 + \sigma^2 Z^2}$$

Dónde:

n = el tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor constante de 0,5.

Z = Valor obtenido mediante niveles de confianza. Es un valor constante que, si no se tiene su valor, se lo toma en relación con el 95% de confianza equivale a 1,96 (como más usual) o en relación con el 99% de confianza equivale 2,58, valor que queda a criterio.

e = Límite aceptable de error muestral que, generalmente cuando no se tiene su valor, suele utilizarse un valor que varía entre el 1% (0,01) y 9% (0,09), valor que queda a criterio.

A continuación, el cálculo de la muestra a utilizar:

$$n = \frac{101 * 0.5^2 * 1.96^2}{(101 - 1) * 0.05^2 + 0.5^2 * 1.96^2} = 80.14 \text{ mediciones de consumo de energía.}$$

Para efectos de medición no podemos tomar números decimales por lo que se redondea el número de la muestra a 81 mediciones de consumo de energía eléctrica.

3.3.3 UNIDAD DE ANÁLISIS

Antes de seleccionar la muestra que se va a analizar se debe definir la unidad de análisis, la cual se puede definir como todos los individuos, organizaciones, periódicos, comunidades, situaciones, eventos, etc. (Hernández et al., 2010), para nuestro estudio se definió como unidad de análisis el consumo eléctrico del área de generación de aire comprimido en alta presión de la planta de refrescos dentro de la empresa Cervecería Hondureña

3.3.4 UNIDAD DE RESPUESTA

Debido a la cantidad de indicadores y su respuesta en unidades diversas es necesario convertir los mismos a lempiras por consumo de energía eléctrica con el fin de correlacionar el impacto positivo o negativo de las variables hacia la empresa.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron distintos instrumentos de medición y técnicas para la recolección de datos de información y el análisis de estos.

3.4.1 INSTRUMENTOS

Cerda (1991) define un instrumento como la herramienta utilizada para la recolección de información de la muestra seleccionada, la selección de los instrumentos a utilizar es de suma importancia ya que sin la información correcta no podremos resolver problema de investigación planteado. Siendo el enfoque de nuestra investigación cuantitativo se utilizaron los siguientes instrumentos:

- 1) Base de datos electrónicas: una base de datos electrónica es una colección de datos organizados de manera que un programa de ordenador pueda seleccionar rápidamente los fragmentos de datos que necesite. En este proyecto se utilizaron las bases de datos electrónicas del departamento de utilidades y mantenimiento de la empresa Cervecería

Hondureña, los cuales fueron de utilidad para el estudio del comportamiento de las variables independientes que influyen en el consumo eléctrico del área de los compresores de alta presión. (“Base de datos,” n.d.)

- 2) Registros Manuales: Documento donde se controlan entradas o salidas de algún proceso, gestión de cambios, inscripciones o información en general (ASALE & ASALE, 2014). Los registros manuales son llenados cuando se realizan mantenimiento preventivo, correctivo o predictivo a los compresores o sopladores según la matriz de mantenimiento y en ellos se detallan las condiciones en las que se encuentra el equipo y como queda después de realizar el mantenimiento descrito (Horómetro, consumo eléctrico, horas de rodamientos, aislamiento en motor, vibraciones, deflexiones).
- 3) Medidor Eléctrico: es un dispositivo que proporciona medidas que cumplen las normas del sector respecto a precisión en un rango definido de condiciones de funcionamiento en el monitoreo de parámetros eléctricos (Voltaje, corrientes, potencia, energía, tarifa ajustada) el cual servirá para descargar las mediciones de energía que ha efectuado en el tiempo determinado en que se llevara a cabo la investigación o valores históricos que se quieran conocer para sustentar una investigación (“Medidor Energía,” 2006)

3.4.2 TÉCNICAS

Las técnicas son las utilizadas para el análisis de la información recolectada por los instrumentos utilizados, las técnicas implementadas en nuestra investigación fueron: diagrama de Pareto, histogramas, estratificación, gráficos de control, hojas de chequeo y el círculo de Deming.

3.4.2.1 DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto, también llamado curva 80/20, es una gráfica para visualizar datos en orden descendente, de izquierda a derecha lo cual nos permite asignar un orden de prioridades, afirmando que en todo grupo de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto. El diagrama permite mostrar gráficamente que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos graves. Mediante la gráfica colocamos los “pocos vitales” a la izquierda y los “muchos triviales” a la derecha. Con el diagrama de Pareto se puede analizar los que son procesos de producción dentro de las industrias, empresas comerciales y fenómenos sociales o naturales. Como se observa en la

figura 12 el principal uso que tiene este diagrama es para poder establecer un orden de prioridades en la toma de decisiones dentro de una organización. (González, 2012)



Figura 12 Ejemplo diagrama de Pareto

Fuente:(González, 2012)

En la figura 12 se observa un diagrama de Pareto para lo que son quejas de clientes, donde la mayor cantidad de quejas son las dificultades para parqueo, vendedor grosero, bajo nivel de iluminación y división de la tienda confusa. Al momento de realizar un plan de acción para este problema el diagrama de Pareto nos indica que resolviendo estas cuatro quejas estamos resolviendo el 80% del problema, por lo que se enfocan los recursos y actividades en los que más impacta a la organización.

3.4.2.2 HISTOGRAMA

Un histograma es una herramienta sumamente útil cuando se tiene un amplio número de datos por analizar, que es preciso organizar detalladamente para poder tomar decisiones en base a ellos. También se utiliza un histograma para comparar lo que son los resultados de un proceso versus las especificaciones del proceso previamente establecidas, así podemos determinar en qué nivel de confiabilidad se encuentra el proceso y hasta qué punto existen desviaciones respecto a los límites para poder tomar acciones y corregirlos. Un histograma facilita una representación en la que puede apreciarse si las medidas tienden a estar centradas o a dispersarse. (“Histograma - Herramientas de la Calidad,” 2011)

3.4.2.3 ESTRATIFICACIÓN DE DATOS

La estratificación es una técnica utilizada en combinación con otras herramientas de análisis de datos. Cuando los datos han sido agrupados su significado puede ser imposible de interpretar. Esta herramienta separa los datos para que los patrones de distribución de dos o más grupos se puedan distinguir. Cada agrupación de datos se le llama estrato y el objetivo de agruparlos es aislar la causa de un problema, identificando el grado de influencia de ciertos factores en el resultado de un proceso. La estratificación se complementa con los histogramas para una mejor representación de los datos a analizar. (“Estratificación. Herramienta para la mejora,” 2011)

Los estratos se definen en función del caso de estudio de los datos recolectados, pudiendo establecerse estratificaciones atendiendo a (“Estratificación. Herramienta para la mejora,” 2011):

- 1) Personal.
- 2) Materiales.
- 3) Maquinaria y equipo.
- 4) Áreas de gestión.
- 5) Tiempo.
- 6) Entorno.
- 7) Localización geográfica.

3.4.2.4 GRÁFICA DE CONTROL

Los gráficos de control nos muestran la variación de una característica de calidad que puede cuantificarse obteniendo muestras de las salidas de un proceso y estimando los parámetros de su distribución estadística. La representación de esos parámetros en un gráfico, en función del tiempo, permitirá la comprobación de los cambios en la distribución logrando identificar las variaciones en los datos recolectados de un proceso. Existen dos tipos de variaciones en los datos Aleatoria e imputable, una variación aleatoria es aquella en la cual no sabemos la causa que provoco su variación o si su variación es insignificante para el proceso y una variación imputable es aquella en las cuales sabemos la causa que la provocó y esta pudiera ser resuelta para evitar que vuelva a ocurrir. (“Gráficos de Control de Procesos,” 2011)

3.4.2.5 HOJAS DE CHEQUEO

Una hoja de verificación o de chequeo es una herramienta en formato impreso que se utiliza para la recolección y compilación de datos de forma estructurada asociados a un proceso o situación particular dentro de la industria. Los datos reunidos representan una entrada para el proceso de análisis de la información, proceso en el cual se pueden utilizar herramientas de control de calidad como el diagrama de Pareto, diagramas de dispersión, estratificación de datos, etc. (“La hoja de verificación como herramienta de la calidad,” 2016)

3.4.2.6 METODOLOGÍA DMAIC

Jirón (2017), describe la metodología DMAIC para la resolución de problemas con ella se busca mejorar procesos, además se trata de un proceso que se puede repetir de forma constante para estar continuamente evolucionando y mejorándolo, nació en el año de 1984 y es parte de la gestión six sigma. A continuación, se muestra el significado de sus siglas corresponde a definir, medir, analizar, mejorar y controlar:

- 1) **Define:** definir cuál es el problema que queremos resolver. Esto es algo fundamental porque sin ello no podemos pasar al segundo paso en el cual establecemos las métricas que debemos seguir para comprobar la evolución del problema.
- 2) **Medir:** Habiendo establecido unas métricas a seguir que nos ayuden a conocer la situación en la que se encuentra el problema que queremos resolver, debemos medir estos parámetros y establecer un seguimiento que nos permita más adelante poder analizar la situación.
- 3) **Analizar:** con los datos que recolectados se debe realizar un análisis de estos, para tratar de averiguar las razones por las que algo está fallando y qué acciones deben llevarse a cabo.
- 4) **Mejorar:** poner en marcha las acciones necesarias para mejorar la situación actual.
- 5) **Controlar:** se debe llevar un control para asegurarnos de que se implementan correctamente y que los objetivos que nos habíamos marcado efectivamente se cumplen.

3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Al existir la necesidad de recolectar información necesaria para poder realizar los estudios requeridos con los cuales demostraremos la viabilidad del proyecto a implementar, nos apoyamos en las fuentes informativas de recolección de datos. De acuerdo con Bernal (2010) “usualmente se habla de dos tipos de fuente de recolección de información: fuentes primarias y

secundarias” (p. 191). A continuación, detallaremos las fuentes primarias y secundarias de las cuales se apoyó para llevar a cabo este proyecto de investigación.

3.5.1 FUENTES PRIMARIA

“Son todas aquellas de las cuales se obtiene información directa, es decir de donde se origina la información. Es también conocida como información de primera mano o desde el lugar de los hechos” (C. Bernal, 2010, p. 191).

Las fuentes primarias utilizadas fueron:

- 1) Documentos Originales (datos recolectados en el proceso de producción)
- 2) Fotografías del proceso
- 3) Reportes de consumo energético diario
- 4) Reporte de horas trabajadas de compresores diarias
- 5) Documentos históricos
- 6) Producción de Botellas PET
- 7) Ofertas Proveedores
- 8) Indicadores de CHSA

3.5.2 FUENTES SECUNDARIAS

Baas (2012) Afirma que las fuentes secundarias “son fuentes que apoyan o complementan las fuentes primarias, en estas se incluyen enciclopedias, anuarios, manuales, almanaques, entre otros los datos que integran las fuentes secundarias se basan en documentos primarios” (p. 78). En esta investigación las fuentes secundarias utilizadas fueron:

- 1) Manual de Compresores Atelier
- 2) Manual de PLC simatic S7-1200
- 3) Libros
- 4) Investigaciones
- 5) Diccionarios
- 6) Sitios Web
- 7) Tesis

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo tiene como finalidad mostrar el proceso llevado a cabo para poder determinar la validez de cada una de las variables, así como verificar la premisa planteada en la hipótesis descrita en el capítulo anterior. Este capítulo mostrara los resultados obtenidos en cada una de las tres variables que se están estudiando, mercado, técnica, financiera y corroborar la viabilidad de llevar a cabo la implementación del proyecto utilizando los instrumentos y técnicas de recolección de datos definidos previamente. La información recolectada y analizada proviene de los reportes de la planta de producción de refrescos de la compañía Cervecería Hondureña.

4.1 LICITACIÓN DE MERCADO

En el estudio de mercado se aplicó el modelo de una licitación para establecer la oferta de proveedores que puedan implementar el proyecto desde sus inicios hasta la puesta en marcha y que puedan capacitar a los operadores encargados del equipo de aire comprimido de alta presión de CHSA. Una de las ventajas que brinda licitar un proyecto es fortalecer la competencia entre oferentes y así el comprador este seguro que recibirá la mejor propuesta que el mercado pueda ofrecer tanto técnica como económicamente. Se definieron los principios de licitación que plantea CHSA como parte de su proceso de adjudicación de proyectos para oferentes locales.

4.1.1 PROCESO DE LICITACIÓN

Toda licitación debe tener un proceso bien establecido, acceso a la información por parte de los participantes y una competencia equitativa. Dentro de una licitación existen participantes los cuales son los encargados de llevar a cabo el proceso mencionado, los licitantes los cuáles serán las empresas proveedoras del servicio que se pretende implementar y CHSA como licitador que espera recibir una oferta que satisfaga sus necesidades. Si una licitación pretende ser transparente el oferente debe seleccionar a los concursantes de forma equitativa que se desenvuelvan en la misma rama de especialización y con rasgos parecidos. El flujograma del proceso de licitación se muestra a continuación.

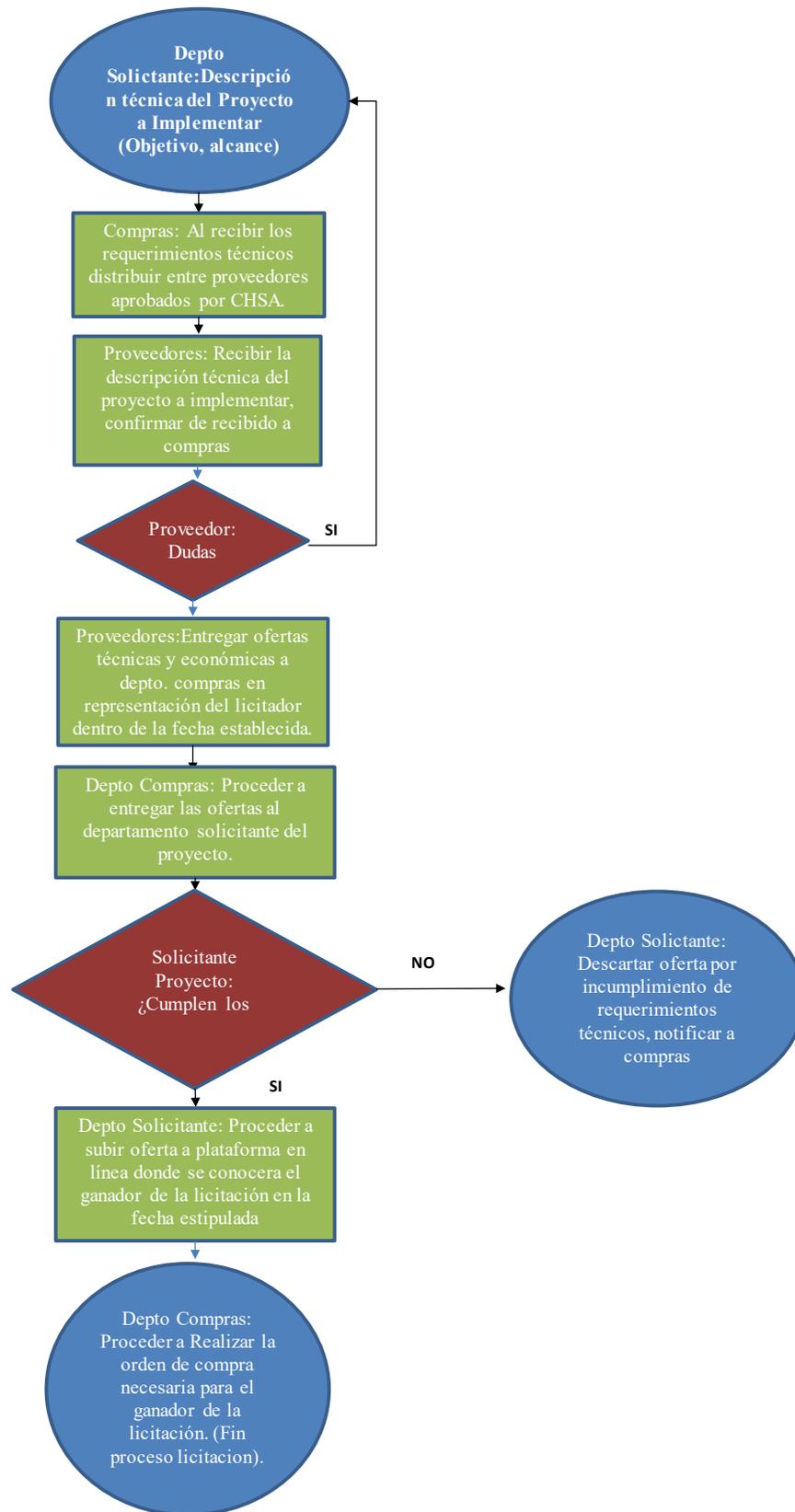


Figura 13 Flujo de proceso de licitación de CHSA

En la figura 13, se observa el proceso de una licitación en CHSA desde sus inicios, iniciando en el departamento que solicita el proyecto brindando sus requerimientos técnicos y el alcance de este después de esto se seguirá una secuencia de algoritmos antes de definir quien gana la realización del proyecto.

Para licitar un proyecto dentro de CHSA, debe pasar toda la información por el proceso de compras tanto la información brindada por el solicitante del proyecto como la información brindada por los oferentes, ya que compras representa a CHSA como parte licitadora, sustentada en todo momento por los requerimientos técnicos que aprueba el solicitante del proyecto. Al ser compras un proceso sin intereses en el proyecto se asegura de esta forma cualquier indicio o contaminación de desigualdad ventajosa entre los licitantes. En caso de que los oferentes no tengan duda sobre el alcance del proyecto se brinda un tiempo previamente estipulado para que entreguen sus ofertas mediante correo electrónico al departamento de compras con copia al departamento solicitante. Al recibir la oferta el departamento solicitante revisa las propuestas técnicas y económicas brindadas por los oferentes y las que cumplan los requerimientos técnicos solicitados, son aprobadas para subirse a la plataforma en línea donde se ven reflejados el puesto de los oferentes de menor a mayor precio, ganando el que tenga el precio menor ofertado. Al final de este paso se procede a la firma del contrato el cual según (Real Academia Española, 2005) “es llegar a un acuerdo con una persona para recibir un servicio a cambio de dinero”.

4.1.2 BASES DE LICITACIÓN

Las bases de una licitación son los cimientos que sostendrán el diseño en que el licitador quiere plantear el proyecto y espera que los licitantes satisfagan sus necesidades. Por lo general las bases están determinadas mediante una combinación de la compañía licitadora bases administrativas, el departamento solicitante del proyecto bases técnicas y por ultimo las consideraciones que deben tener los ofertantes al momento de presentar sus propuestas. Se mostrarán las bases planteadas para el proyecto de automatización de compresores de alta presión en CHSA.

- 1) Bases Administrativas: Estas bases forman parte de los requerimientos legales, que debe cumplir el licitante como ser: Identificación Jurídica, Representación legal de la empresa, Permiso de operación actual dentro del país, Recibo de pago de impuestos gubernamentales, código proveedor CHSA. En estas bases también se detallan los formatos a entregar las

propuestas, fechas máximas de envío o de apertura de las ofertas, acreditaciones de experiencia en trabajos relacionados, calendarización de las actividades, garantías de la seriedad de la oferta (en materiales a usar, cumplimiento de tiempos, respeto por las cantidades solicitadas, finalización de trabajo y anticipo de pago). Dentro de estas bases se incluyen los requerimientos económicos, tiempo de crédito, penalizaciones en caso de atraso o daño a equipo, moneda de pago, distribución de los flujos de pago.

- 2) Bases Técnicas: El objetivo de estas bases es describir el propósito, el alcance del proyecto, los aspectos técnicos que la propuesta deberá satisfacer, marca de equipos a utilizar, hardware, software, integración de los programas, compatibilidad con otros dispositivos, expansión a futuro del equipo, descripción de la programación realizada, detalle del modo automático y modo manual de operación, certificaciones internacionales en los materiales a utilizar (tanto eléctricos como mecánicos) cantidad de materiales, diseño de cableado y tubería, programa de trabajo así como cronograma del mismo.
- 3) Otras Consideraciones: En esta base, se describen requisitos como lugar de instalación de dispositivos dentro del plantel de CHSA, requerimientos de Seguridad Industrial para trabajar dentro de la planta, deberes del oferente, capacitación hacia el personal que operara la maquinas, charlas de inducción necesaria a recibir de parte de CHSA, presentación de seguros médicos, listado de materiales y herramientas a utilizar, cumplimiento de órdenes directas de supervisores del licitador, hoja de datos técnicas y hojas de seguridad de dispositivos químicos (si ingresaran a planta).

4.1.3 LICITANTES

Para que una licitación pueda ejecutarse debemos recibir propuesta por parte de personas o instituciones que son los licitantes. Cabrera Gutiérrez (2007) asegura que los licitantes son “las personas que presentan sus propuestas” (p. 33). Para nuestro caso deben ser proveedores que estén dentro del área de San Pedro Sula, por ventajas técnicas en caso de modificaciones o capacitaciones necesarias. Las empresas que brindaron una oferta que cumpliera los requisitos técnicos para el proyecto licitado fueron dos (2). Integratec Y RyD de las cuales se describirán un poco de sus perfiles como empresas, ambas han realizado trabajos dentro de las instalaciones de CHSA y tienen presencia inmediatamente dentro de San Pedro Sula.

Integratec: “Integratec es una empresa dedicada a la administración e integración de proyectos de tecnología relacionados con la automatización. Su propósito es el de brindar a sus clientes soluciones prácticas y confiables, por medio del desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías para análisis, diseño y optimización de sistemas automatizados.”(Integratec, 2014). Integratec provee marcas líderes en el área de automatización como ser Siemens, Rockwell Automation, B&R, en CHSA los equipos de automatización son Siemens en su mayoría, siendo esto una ventaja en su participación dentro del proceso de licitación. En la figura 14 se observa el logo de la empresa y en el anexo dos, la cotización de la empresa para implementación del proyecto.



Figura 14 Logo empresa Integratec

Fuente: (Integratec, 2014)

RyD Industrial: es una empresa creada con el fin de ofrecer soluciones en el campo de la automatización, instrumentación y control. Fue fundada en Julio del 2003 y en estos años se han posicionado como una de las mejores empresas dentro del mercado Hondureño, ofrecen al mercado una gama de soluciones con productos en el campo eléctrico y mecánico con la representación de un grupo de marca de prestigio mundial. Las marcas con las cuales RYD ha desarrollado sus proyectos son ABB, Danfoss, Unitronics, weg entre otras (RyD, 2003). RYD es un proveedor que ya ha realizado proyectos dentro de CHSA, hace poco finalizo la implementación de unos paneles solares dentro del área administrativa del edificio para generar su propio consumo y brindar sombra a las oficinas. En la figura 15 se muestra el logo de la empresa y en el anexo tres, la cotización de la empresa para implementación del proyecto.



Figura 15 Logo Empresa RyD Industrial

Fuente: (RyD, 2003)

Tabla 4. Requerimientos Financieros para licitación

Requerimientos para Implementación de Automatización de compresores en CHSA

Cervecería Hondureña					INTEGRATEC			RYD		
Importancia	Variable	Descripción	Unidad	Requerimiento CHSA	Oferta	Desempeño	Resultado	Oferta	Desempeño	Resultado
5	Financiero	Forma de pago	-	20% ODC 10% planos 10% terminación 10% FAT 20% EXW 15% CHSA 15% OSAT CHSA	30% ODC 25% Planos 30% FAT 15% CIF	0%	0	20% ODC 30% Planos 15% terminación 25% FAT 10% EXW	0%	0
5	Financiero	Intereses y cancelación de facturas	Días	120	1,5% mensual 120 días post factura	100%	5	30	100%	5
5	Financiero	Costo total de proyecto	LPS	<400,000	384,100	100%	5	397,137.12	100%	5

Como se observa en la tabla cuatro, ambos proveedores están compitiendo con precios relativamente iguales y bajo el límite que considero CHSA para la obtención del proyecto, sin embargo, bajo el criterio de costo total del proyecto que es en el único indicador que varían se determina brindarle el proyecto a Integratec.

Tabla 5. Requerimientos de Mercado para licitación

Requerimientos para Implementación de Automatización de compresores en CHSA

Cervecería Hondureña					INTEGRATEC			RYD		
Importancia	Variable	Descripción	Unidad	Requerimiento CHSA	Oferta	Desempeño	Resultado	Oferta	Desempeño	Resultado
5	Mercado	Longitud aproximada de panel	Mm	<800	700	100%	5	600	100%	5
5	Mercado	Anchura aproximada de panel	Mm	<400	400	100%	5	200	100%	5
5	Mercado	Altura aproximada panel	Mm	<1000	1,000	100%	5	1,000	100%	5
3	Mercado	Estructura metálica soporte	Kg	>200	200	100%	3	150	10%	0.3
5	Mercado	Garantía de PLC y accesorios	Años	15-20	15	100%	5	10	30%	1.5
5	Mercado	Transporte	-	Materiales y Herramienta en Sitio	Cumple	100%	5	Cumple	100%	5
5	Mercado	Tiempo de entrega	Meses	<1	1	100%	5	2	10%	0.5
5	Mercado	Garantía de componentes	-	Garantía Fabrica	Fabrica	100%	5	Fabrica	100%	5

En la tabla cinco, la variable de mercado muestra la similitud entre los proveedores, representando esto la capacidad de ambos para poder realizar el proyecto de la forma solicitada dentro del lineamiento de CHSA.

Tabla 6. Requerimientos técnicos para licitación

Requerimientos para Implementación de Automatización de compresores en CHSA

Cervecería Hondureña					INTEGRATEC			RYD		
Importancia	Variable	Descripción	Unidad	Requerimiento CHSA	Oferta	Desempeño	Resultado	Oferta	Desempeño	Resultado
1	Técnico	Temperatura Max Operación	°C	40	>40	100%	1	40	100%	1
5	Técnico	Entradas digitales Extra	-	10	10	50%	2.5	10	100%	5
1	Técnico	Salidas Digitales Extra	-	10	10	100%	1	10	100%	1
1	Técnico	Entrada Analógicas Extra	-	3	3	100%	1	2	67%	0.67
5	Técnico	Salidas Analógicas Extra	-	3	3	100%	5	2	67%	3.35
5	Técnico	Grado de Protección IP	IP	66	66	100%	5	Severa	100%	5
5	Técnico	Proveedor del Proyecto	Poseer código de proveedor en CHSA		Cumple	100%	5	Cumple	100%	5
3	Técnico	Marca de PLC	-	Siemens	Siemens	100%	3	Siemens	100%	3
5	Técnico	Certificaciones	ul/rohs/ce/ nfpa/iec		NFPA/UL/R OHS/EM	100%	5	ul/ce/rohs	100%	5
5	Técnico	Voltaje de alimentación	VDC	24	24	100%	5	24	100%	5

En la tabla seis, se muestra el conocimiento técnico sobre lo que se está solicitando, dentro de la licitación los dos proveedores son capaces de suministrar los materiales necesarios y sobre todo que cumplan con la normativa vigente que se les solicito en el alcance de la licitación.

Luego de haber analizado las ofertas de los licitantes en base a los criterios en cada una de las categorías anteriores, en la table siete podemos observar el resumen ponderado de cada uno de los licitantes.

Tabla 7. Resumen bases de licitación

Resumen factores	Ponderación	Licitantes / % cumplimiento	
		INTEGRATEC	RYD
Técnico	40%	98%	95%
Mercado	20%	100%	72%
Financiero	40%	67%	67%
Total	100%	86%	79%

En la tabla siete, se muestra el resultado final de nuestra licitación para el proyecto, la cual la empresa Integratec con un 86% por ciento de cumplimiento es la más viable para es la empresa mejor calificada para la ejecución del proyecto.

Como parte del estudio mercado, se les detalló a los ofertantes las salidas que se esperaban de la implementación del software de automatización, los cuales son:

- 1) Encendido y apagado automáticamente de los compresores según demanda de sopladoras y parámetros de presión en línea común.
- 2) Rotación y secuencia de funcionamiento de compresores según horas de operación de los cuatro compresores.
- 3) Envío de mensajes o correos por fallas o alarmas relevantes a personal de operaciones y mantenimiento automáticamente desde el programa.
- 4) Diagramas esquemáticos de la lógica cableada en los compresores y en el PLC.
- 5) Interfaz gráfica con el sistema de aire comprimido de la planta y los equipos en operación, tiempos de operación, equipos en falla, o visualización de alarmas actuales.
- 6) Monitoreo de señales análogas como ser, presión en la línea, temperaturas de motor, temperatura de aceite, y temperatura de aire admisión.

4.2 ESTUDIO TÉCNICO

Para el estudio técnico se aplicó la metodología Kaizen, la cual nos permite establecer un problema para buscar la mejora del proceso. Actualmente en la planta de refrescos de Cervecería Hondureña se encuentran instalados cuatro compresores de alta presión marca Atelier François (Anexo cuatro), de los cuatro compresores tres se mantienen permanentemente encendidos y un compresor se mantiene como respaldo al momento de dar rotación a los equipos o por fallas funcionales. En la tabla ocho se muestran distintos modelos compresores y capacidades de la macar Atelier François, de los cuales los modelos CE46B Compresor 5, CE680A Compresor 3, CE680B Compresor 4 y CE68B Compresor 6 se encuentran instalados dentro de la empresa.

Tabla 8. Capacidades de compresores Atelier Francois

Model	Capacity FAD m ³ /h	Capacity CFM	Speed rpm	Motor Power kW
MC244	225	132	600	45
CE 2 ^a	312	184	485	55
CE 2B	390	230	650	75
CE 24 ^a	510	300	570	90
CE 24B	600	353	670	132
CE 46 XS	750	441	340	132
CE 46 S	870	512	400	160
CE 46 A	1080	636	500	200
CE 46 B	1320	777	500	250
CE 6	1700	999	425	315
CE 68 A	2100	1236	480	355
CE 68 S	2300	1354	460	400
CE 68 B	2600	1529	520	450
CE 68 BES	2600	1529	430	450
CE 680 A	2900	1706	480	500
CE 680 B	3200	1872	540	550

Fuente: (“AF compressors,” n.d.)

En la tabla número ocho, se observan los distintos modelos de compresores y sus capacidades, a mayor capacidad mayor será el aire comprimido generado y por consiguiente mayor consumo en energía eléctrica. El modelo del compresor se debe de seleccionar según el dimensionamiento de cada uno de los procesos que maneja la cada industria. Es importante que al momento de dimensionar la capacidad del compresor no seleccionar uno justo para la demanda actual es importante instalar un 20% arriba de la demanda para futuro crecimiento de la planta. A continuación, se muestran las fases del proyecto Kaizen según el círculo de Deming para la implementación de mejora de procesos.

4.2.1 PLANEAR

Para la fase de planeación del proyecto Kaizen se utilizó la metodología DMAIC, ya que para poder establecer los parámetros del proyecto se necesita medir y analizar la información para luego poder proponer un plan de mejora y control del proceso.

4.2.1.1 DEFINIR

En la etapa de definición del problema se determinaron las capacidades teóricas y reales de los compresores, demanda máxima de las sopladoras de todas las líneas de producción para poder determinar cuántos de los cuatro compresores de alta presión se necesitan encendidos al momento de estar en producción todas las líneas. En la tabla cinco se puede observar la capacidad nominal según fabricante y su capacidad real de producción de aire comprimido de los compresores instalados en planta.

Moshfeghian (2015), menciona que para cada tipo de compresor hay pérdidas por condiciones ambientales del aire y tratamiento del aire, por lo que un compresor recíprocante de alta velocidad solo tiene una eficiencia entre el 72 al 85 por ciento de su capacidad nominal.

Tabla 9. Capacidad de compresores instalados en planta de CHSA

Compresor	Capacidad teórica m ³ /h	Capacidad real según condiciones de área 72% m ³ /h
CE680A Compresor 3	2,900	2,088
CE680B Compresor 4	3,200	2,304
CE46B Compresor 5	1,320	950
CE68B Compresor 6	2,600	1,872
Total	10,020	7,214

Fuente: (“AF compressors,” n.d. & Moshfeghian, 2015)

Como se observa en la tabla número nueve, la capacidad total de aire comprimido en el área de alta presión de la planta de refrescos de Cervecería Hondureña es de 5194 m³/hora. Esta capacidad está destinada a la producción de botellas de plástico PET para sus líneas de producción tres, cuatro, cinco y seis. Cada línea de producción cuenta con una sopladora de botellas, líneas tres y cuatro sus sopladoras son marca Krone y líneas cinco y seis cuentan con sopladoras marcas SIDEL. En la tabla número 10 se observan la demanda máxima de cada uno de las sopladoras de las cuatro líneas de producción de botellas PET.

Tabla 10. Tabla de demanda de sopladoras

Sopladora	Área	Máxima demanda en m ³ /h
Krones S16	Línea 3	1,455
Krones S20	Línea 4	956
SIDEL SBO8	Línea 5	1,008
SIDEL SBO16	Línea 6	1,740
	Total	5,159

Fuente: (Cervecería Hondureña, 2009)

Como se observa en tabla número 10, la demanda máxima cuando todas las líneas se encuentran en producción es de 5,159 m³/h, siendo línea seis la que mayor flujo de aire requiere ya que produce empaque familiar de tres litros. Haciendo una relación entre la demanda y la capacidad de aire instalada en la planta se necesitan por lo menos tres compresores encendidos generados aire comprimido de alta presión para que la planta opere de forma normal.

4.2.1.2 MEDIR

En la etapa de medición se tomaron 81 medidas de consumo eléctrico diario del área de compresores de alta presión, donde la operación de la planta se mantuvo normal, sin cambios repentinos por fluctuaciones de mercado. En la figura número 16, se observa el comportamiento del consumo eléctrico.

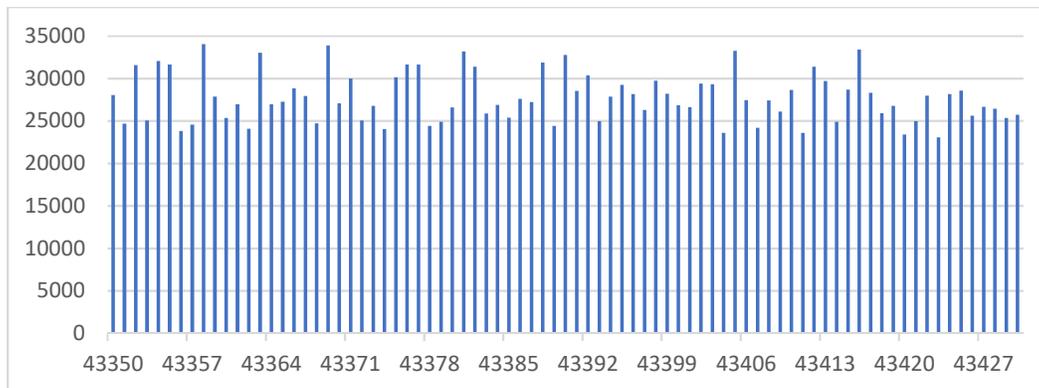


Figura 16 Consumo eléctrico diario área de compresores

Fuente: (Cervecería Hondureña, 2018)

En la figura 16, se observa que en el área de compresores existe una variación en su consumo eléctrico, esto debido a la manipulación manual de los compresores donde hay días que

solo trabajan dos y otros días trabajan tres. El determinar cuántos compresores deben de trabajar actualmente lo realiza el operador de sala de utilidades deteniendo un compresor los días de mantenimiento de las líneas, al depender de una persona no se garantiza que solo se utilicen los compresores necesarios por lo que se ve la necesidad de automatizar el área.

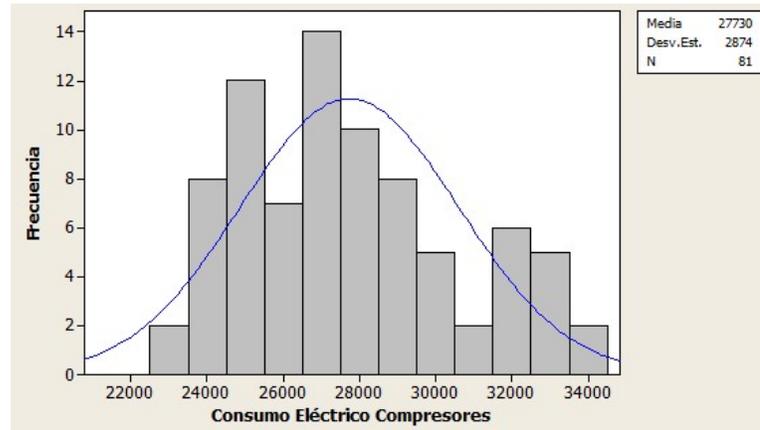


Figura 17 Histograma consumo eléctrico compresores

Fuente: (“Reporte de energía control semanal año 2018,” 2018)

En la figura número 17, se realizó un histograma el cual nos muestra el patrón de consumo eléctrico de los compresores, donde la media de consumo es de 27,730 KWH y una desviación estándar de 2,874 KWH por la variación en el consumo.

4.2.1.3 ANALIZAR

En esta etapa se desarrolló el análisis para determinar por medio de una matriz cuales y cuantos compresores se deben tener encendidos según los escenarios de producción de las líneas. Se utilizó lógica binaria para el desarrollo de la matriz de operación de las sopladoras (tabla 11), donde cero representa máquina no en producción y un uno significa máquina en producción.

Tabla 11. Matriz de operación de sopladoras

Línea 3	Línea 4	Línea 5	Línea 6	Cantidad de Sopladoras En funcionamiento	Cantidad de compresores Necesarios
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	1	1
0	1	0	0	1	1
1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	2	2
0	1	0	1	2	2
1	0	0	1	2	2
0	1	1	0	2	2
1	0	1	0	2	2
1	1	0	0	2	2
0	1	1	1	3	2
1	1	0	1	3	2
1	1	1	0	3	2
1	0	1	1	3	2
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	4	3

En la tabla 11, se muestra el requerimiento de compresores encendidos según la cantidad de sopladoras, la cantidad de compresores se determinó según la demanda máxima de cada sopladora y la capacidad máxima de la sala de compresores ya que todos entregan aire comprimido a una tubería común que alimenta a todas las sopladora. Las sopladoras de cada línea de producción pueden dejar de estar en funcionamiento por dos razones: paro para mantenimiento programado y paro por requerimiento departamento de planning según demanda de mercado especialmente días de fin de semana.

4.2.1.4 MEJORAR

Como plan de mejora se realizó licitación con proveedores del medio local para realizar un programa de automatización para poder apagar y encender los compresores según la demanda de sopladoras encendidas. Dicho programa realizará rotación de los compresores de mayor capacidad, los compresores: CE680A Compresor 3, CE680B Compresor 4 y CE68B Compresor 6. Esto debido a que para la operación normal de cuatro sopladoras se debe tener dos compresores de los anteriormente mencionados más el compresor CE46B Compresor 5, es decir, tres compresores encendidos por la demanda de aire. Al momento de solo requerir dos compresores el compresor CE46B Compresor 5 se apagará y al aumentar la demanda este

encenderá nuevamente. Con la rotación de los compresores se obtiene el beneficio que durante los días de mantenimiento de las líneas se puede aprovechar y ejecutar actividades de mantenimiento preventivo a un compresor para evitar desgastes prematuros de los componentes.

4.3 ESTUDIO FINANCIERO

Para el desarrollo del estudio financiero se tomaron en cuenta los indicadores financieros que Cervecería Hondureña considera de mayor importancia para al momento de propuesta de un proyecto de inversión (CAPEX). Como inversión inicial para la ejecución del proyecto tenemos la oferta económica de Integratec, luego se procedió a determinar los flujos de ahorro que brindara automatizar el área de compresores.

Para el cálculo de ahorro por consumo de energía eléctrica se tomó como base el compresor CE46B Compresor cinco cuyo valor nominal del motor es de 250 KW. (Alexander & Sadiku, 2013) mencionan que la potencia instantánea es independiente del tiempo, por lo cual se utilizó la siguiente fórmula para cálculo de potencia instantánea del compresor:

$$2) \quad P_i = KW * FP * \sqrt{3}$$

P_i = Potencia instantánea.

KW = valor nominal de motor

FP = factor de potencia, es igual a 0.92 ya que Cervecería Hondureña cuenta con un banco de capacitores para mantenerlo estable.

$$P_i = 250 * 0.92 * \sqrt{3}$$

$$P_i = 398.37 \text{ KW}$$

Las líneas de producción se detienen una cada 15 días para realizar manteniendo preventivo los miércoles durante ocho horas, por lo cual el ahorro de energía eléctrico de dichos días es igual a multiplicar ocho horas detenido el compresor por 398.37 KW teniendo como resultado un ahorro de 3,983.7 KWH. La tarifa que actualmente se le aplica a Cervecería Hondureña por consumo eléctrico es igual a Lps 2.2/KWH.

$$3) \quad \text{Ahorro semanal} = 8 \text{ Horas} * 398.37 \text{ KW} * \text{Lps } 2.2/\text{KWH}$$

$$\text{Ahorro semanal} = \text{Lps } 7,011.312$$

Un año cuenta con 52 semanas, por lo cual multiplicamos el valor de ahorro semanal por 52 semanas para poder obtener un ahorro anual y de esta forma poder determinar los indicadores financieros.

$$4) \text{ Ahorro anual} = \text{Lps } 7,011.312 * 52 \text{ semanas}$$

$$\text{Ahorro anual} = \text{Lps } 364,588$$

Para efectos de la proyección de futuros se realizó cálculo de un incremento en la tasa cobrada por EEH por efectos de consumo de energía eléctrica de un dos por ciento ya que es el porcentaje que ha aumentado año con año según los históricos de la compañía, por lo que en la tabla 12 se observa que al incrementar la tarifa por consumo de energía eléctrica se incrementa el ahorro de automatizar los compresores.

Tabla 12. Flujo de proyecto

Periodo	0	1	2	3	4	5
Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Ahorro de Energía		L364,588	L371,880	L379,317	L386,904	L394,642
Depreciación		-L76,052	-L76,052	-L76,052	-L76,052	-L76,052
UAI		L288,536	L295,828	L303,266	L310,852	L318,590
ISR		L86,561	L88,748	L90,980	L93,256	L95,577
Uneta		L201,975	L207,080	L212,286	L217,596	L223,013
Depreciación		L76,051.80	L76,051.80	L76,051.80	L76,051.80	L76,051.80
Flujo operativo		L278,027	L283,131	L288,338	L293,648	L299,065
Inversión	-L384,100					
Flujo del proyecto	-L384,100	L278,027	L283,131	L288,338	L293,648	L299,065

En la tabla número 12, se muestran los flujos tanto operativo como totales del proyecto. Para el cálculo de dichos flujos se utilizó lo que es la depreciación de los activos que se van a adquirir depreciándolos a cinco años como lo estipula las políticas internas de Cervecería Hondureña dejando como valor residual del equipo un uno por ciento, dicha depreciación se utiliza como escudo fiscal para el pago de impuesto sobre la renta la cual luego es sumada nuevamente ya que no representa una salida de efectivo para la empresa. Luego de haber calculado los flujos del proyecto, en la table 13 procedemos a realizar el análisis de factibilidad

según los indicadores de viabilidad de proyecto que toma en cuenta Cervecería Hondureña para implementar una mejora.

Tabla 13. Análisis de indicadores financieros

WACC CHSA	15.80%					
Flujo del proyecto	-L384,100	L278,027	L283,131	L288,338	L293,648	L299,065
Retorno del proyecto		-L106,073	L561,159	L571,469	L581,986	L592,713
Payback	1.4	Un año con cuatro meses				
VPN	L 559,742					
TIR	68%					

Según políticas financieras de Cervecería Hondureña para poder aprobar un proyecto de inversión de capital es necesario que el VPN sea positivo, payback menor o igual a tres años y por último una TIR igual o mayor que el WACC de la empresa. En la tabla 13, se puede observar que el presente proyecto debido al alto consumo de energía eléctrica de los compresores es financieramente viable ya que presenta un payback igual a un año con cuatros meses, un valor VPN igual a Lps 559,742, lo que no quiere decir este valor es que al realizar la inversión a lo largo de cinco años trayendo los flujos al día de hoy recibiríamos como ganancia por esa inversión la cantidad mencionada anteriormente. Como variable financiera final tenemos la TIR la cual es 68% siendo mayor que el WACC de la empresa de 15.8%, este es el porcentaje promedio ponderado del costo de oportunidad de los accionistas de Cervecería Hondureña y el costo de oportunidad del banco que brinda financiamiento a la empresa.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones de una investigación son las respuestas a las preguntas mencionadas en el capítulo uno, planteamiento del problema, se detallan resultados encontrados, sustentados en el marco teórico y teorías de sustento, dichos resultados se encontraron a medida se avanzaba con el estudio de las variables de mercado, técnico y financiero. En este capítulo se pretende sintetizar los hallazgos que impactan directamente en el proyecto y brindar recomendaciones oportunas que permitan llegar al cumplimiento del objetivo. Las recomendaciones que se brindan se enmarcan en un panorama global e integral de la situación actual del sistema de aire comprimido en la planta CHSA.

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones que se presentan a continuación tienen como finalidad responder las preguntas de investigación, en el orden en que se presentaron al inicio del informe y fundamentadas en el marco teórico de esta investigación. Con la interpretación de los resultados obtenidos y analizados se concluye que:

- 1) Al realizar un estudio de licitación mercado enfocado en función de la oferta que existe actualmente dentro del área de San Pedro Sula, se encontró que existe una oferta creciente en la rama especializada en automatización industrial de procesos con la capacidad técnica para implementar la automatización de los compresores de alta presión dentro de Cervecería Hondureña.
- 2) Al automatizar los compresores de alta presión se obtiene un beneficio técnico logrando la disponibilidad de los equipos para mantenimiento preventivo los días de baja demanda, los miércoles cuando las líneas de producción se detienen para mantenimiento.
- 3) Cervecería Hondureña tendrá un impacto positivo al implementar la automatización de los compresores de alta presión, ya que dicho proyecto tiene un TIR igual a 68% siendo mayor que la TIR de la empresa de 15.8%. También se obtiene un beneficio en reducción de consumo de energía eléctrica la cual se transforma en lempiras de ahorro Lps. 288,000 aproximadamente anuales.

5.2 RECOMENDACIONES

Las recomendaciones son parte implícita del modelo Kaizen, ya que se realizan con el fin de continuar en la mejora dentro de un proyecto, línea de producción o proceso previamente definido, partiendo de la premisa que todo se puede mejorar y que la implementación de este proyecto no limite a que en un futuro se realicen mejoras significativas en los sistemas principales o periféricos del aire comprimido en CHSA.

- 1) Es importante que CHSA capacite a su personal operativo y técnico en automatización industrial orientado a los equipos y maquinarias que existen actualmente dentro de la planta de refrescos, esto para facilitar y aumentar la disponibilidad de personal certificado que pueda realizar modificaciones o mejoras en los sistemas operativos de las diferentes maquinas ya que esto puede convertirse en una ventaja competitiva de la empresa tanto en ahorro de costos como tiempo de respuestas en fallas o problemas de maquinaria.
- 2) Se recomienda implementar mantenimiento predictivo a los compresores para poder monitorear las condiciones de funcionamiento de una mejor forma, se pudieran implementar análisis de motores, análisis de ultrasonido, termográfica y análisis de vibraciones.
- 3) Luego de implementar el sistema automatizado en los compresores de alta presión se deben de seguir en la búsqueda de mejorar la eficiencia de estos, se puede invertir en mejorar las condiciones ambientales del área ya que a mayor temperatura menor es la eficiencia de un compresor. También se debe de enfocar mejoras en las áreas de consumo para no desperdiciar el aire ya que es costosa su producción.

CAPÍTULO VI. APLICABILIDAD

Una vez finalizado el estudio de prefactibilidad del proyecto a través de los resultados obtenidos en la investigación, conclusiones y recomendaciones sugeridas, se inicia con el desarrollo de la aplicabilidad del proyecto presentada como un plan de acción en donde se detallan las fechas en las que se realizará cada uno de los pasos necesarios para la implementación del proyecto automatización de sala de compresores en CHSA. Es necesario destacar que este proceso de la implementación del proyecto abarca desde la presentación a gerencia y a partir de su aprobación se comenzará el contacto con el proveedor que realizará el proyecto.

6.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA

Alternativa de mejora para la automatización de compresores de alta presión para reducir el consumo energético dentro de la planta de refresco en Cervecería Hondureña de San Pedro Sula en el año 2018.

6.2 INTRODUCCIÓN

Como se ha descrito en los capítulos anteriores y mediante el desarrollo de la metodología de proyecto KAIZEN junto con la metodología DMAIC aplicada a este estudio, la demanda de aire de las sopladoras se puede suplir con 2 o 3 compresores en días de baja demanda, ayudando esto a reducir el consumo eléctrico de la planta de refrescos en CHSA. En el presente capítulo se detalla el plan de mejora que se llevara a cabo para lograr la automatización del sistema de compresores de aire de alta presión, describiendo el proceso posterior a la adjudicación del proyecto por parte de Integratec como ganador de la licitación. Se describirán los pasos y responsabilidades que se espera cumpla el proveedor dentro de los lineamientos de Seguridad Industrial y de calidad solicitados por CHSA.

6.3 DESCRIPCIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN

En la figura 18, se muestra el plan de acción que se debe implementar bajo un cronograma que determinará su implementación en el corto y mediano plazo. Dichos pasos son necesarios para implementar el proyecto y cumplir con las normas y estándares solicitados por CHSA.



Figura 18 Diagrama de Gantt para aplicabilidad del proyecto

6.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO Y ALCANCE

El proceso de descripción del proyecto y alcance (anexo cinco) es el documento donde se detalla el proyecto que piensa implementar dentro de CHSA, el porqué del proyecto, que se espera como beneficio, que problema soluciona, es una forma cualitativa de describir y evaluar el proyecto antes de proceder dicho proceso toma aproximadamente uno a dos meses realizarlo y que los encargados de aprobar brinden su visto bueno. En la figura 18, se muestra fecha tentativa para comenzar a llenar la documentación para el acta de constitución.

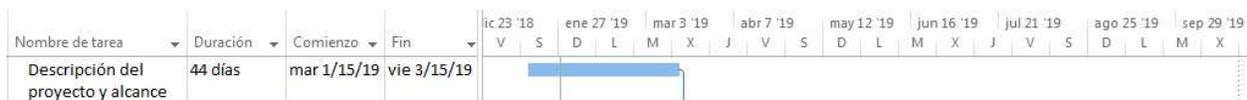


Figura 19 Periodo para acta de constitución

El documento acta de constitución será llenado por el encargado del proyecto dentro de Cervecería Hondureña.

6.5 PRESUPUESTO DE PROYECTO

Una vez llena el acta de constitución se debe de realizar el presupuesto del proyecto, este se realiza en base a las cotizaciones que ya se tienen anteriormente de los proveedores que entran a

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	mar '19	31 mar '19	21 abr '19	12 may '19	02 jun '19
					J	V	S	D	L
ENTREGA DE PRESUPUESTO DEL PROYECTO	30 días	lun 18/03/19	vie 26/04/19				M	X	J
								V	S
									D
									L
									M

Figura 20 Periodo para presupuesto

la licitación para la ejecución del proyecto. En la figura 19, se muestran las fechas para la ejecución del presupuesto.

Este periodo de presupuesto es para tener la mayor cantidad de cotizaciones y propuestas para la implementación del proyecto.

6.6 ANÁLISIS FINANCIERO

Luego de tener presupuesto conocemos la inversión inicial para el proyecto y se debe determinar los ahorros que generara el proyecto, luego se debe proceder a completar el formato

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	21 abr '19	12 may '19	02 jun '19	23 jun '19
					M	X	J	V
ANALISIS FINANCIERO	14 días	lun 29/04/19	jue 16/05/19			S	D	L
								M
								X
								J

Figura 21 Periodo formato RIA

de RIA (anexo seis) solicitado por Cervecería Hondureña. Dicho formato calcula los indicadores financieros de mayor peso para la compañía y da un breve resumen si el proyecto es viable o no viable para la empresa. En la figura 20, se observa el lapso para enviar el formato RIA al departamento de finanzas.

6.7 APROBACIÓN DE PROYECTO

Al presentar los archivos requeridos por parte de CHSA y que Gerencia de Planta de Refrescos ha revisado si está de acuerdo se procederá a realizar la aprobación del proyecto, donde se firmará el documento de acta de constitución del proyecto y se realizaran las liberación en la plataforma utilizada por la empresa dentro del tiempo estipulado en la figura 21..

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	12 may '19	02 jun '19	23 jun '19	14 jul '19
					J	V	S	D
APROBACION DEL PROYECTO	30 días	vie 17/05/19	jue 23/06/19				M	X
								J
								V
								S
								D

Figura 22 Periodo para aprobación de proyecto.

6.8 CREACIÓN DE ORDEN INTERNA

Una vez aprobado el proyecto luego de la revisión por parte del departamento de finanzas se procede a realizar la creación de la orden donde se harán los cargos de materiales, mano de obra y cualquier otro costo que con lleve el proyecto. Dicha orden es solicitada al departamento de finanzas en la ciudad de México, el cual tiene un tiempo permitido de tres días para la creación de la orden como se observa en la figura 22.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Jun '19	23 jun '19	14 jul '19	04 ago '19	25 ago '19							
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
CREACION DE ORDEN INTERNA	3 días	vie 28/06/19	mar 02/07/19													

Figura 23 Periodo para creación de orden interna

6.9 CREACIÓN DE SOLICITUD DE PEDIDO

Una vez creada la orden interna donde se realizarán los cargos se procede a realizar la solicitud de pedido al departamento de compras, quien con toda la información del proyecto, cotizaciones y resultados de la licitación procede a realizar el pedido de materiales y servicios a las distintas empresas. En la figura 23, se observa que el departamento de compras cuenta con 20 días para la creación del pedido al proveedor.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Jun '19	23 jun '19	14 jul '19	04 ago '19						
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X
CREACION DE SOLICITUD DE PEDIDO	20 días	mié 03/07/19	mar 30/07/19											

Figura 24 Periodo para creación de pedido

6.10 REUNIÓN INICIAL

Se planteará una reunión inicial donde se describirá el alcance del proyecto, se delimitará el área donde se instalará el panel, las horas durante las cuales se realizará el trabajo, se eliminarán las dudas que tengan sobre el proyecto en general. Esta reunión será coordinada y dirigida por el Ing. Supervisor encargado del proyecto por parte de CHSA, involucrará a personal de seguridad de CHSA y personal técnico de la empresa proveedora del proyecto (Ing. Supervisor residente del proyecto, y técnicos ejecutores). En la figura 24, se muestra fecha tentativa para realizar la reunión.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	h '19	23 jun '19	14 jul '19	04 ago '19	25 ago '19	15 sep '19	06 oct '19	27			
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
REUNION INICIAL	1 día	lun 12/08/19	lun 12/08/19												

Proveedor del Proyecto / Supervisor del proyecto

Figura 25 Periodo para reunión inicial

6.11 CAPACITACIÓN SEGURIDAD INDUSTRIAL

El proveedor Integratec deberá enviar a su personal a recibir las charlas de capacitación sobre seguridad industrial estipulada en la figura 25, que se imparten dentro de CHSA. Sin estas charlas ningún personal por parte del proveedor podrá trabajar dentro de la planta, cumpliendo con esto la norma de seguridad que solicita CHSA, al igual deberán reportar el personal que estará trabajando en el proyecto dentro de la planta de refrescos ya que es necesarios realizarle la correspondiente identificación para el acceso al predio de CHSA.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	h '19	23 jun '19	14 jul '19	04 ago '19	25 ago '19	15 sep '19	06 oct '19	27			
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
CAPACITACION DE SEGURIDAD INDUSTRIAL	3 días	mar 13/08/19	jue 15/08/19												

Proveedor del Proyecto/ Seguridad Industrial

Figura 26 Periodo para capacitación de seguridad industrial

6.12 EJECUCIÓN DEL TRABAJO

Una vez recibida la capacitación por parte del departamento de seguridad industrial se programan junto con el proveedor las fechas (fechas tentativas en figura 26) en las cuales se realizará la instalación de todos los componentes y subcomponentes del proyecto. Dentro de este tiempo se deben de extender los permisos necesarios para la ejecución del proyecto tales como: permisos en alturas, permisos de trabajo en caliente, etc.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	h '19	23 jun '19	14 jul '19	04 ago '19	25 ago '19	15 sep '19	06 oct '19	27 oct '19	17 no		
					L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
IMPLEMENTACION DEL TRABAJO	40 días	lun 19/08/19	vie 11/10/19												

Proveedor del Proyecto

Figura 27 Periodo para ejecución del proyecto

6.13 PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO

Las pruebas de Comisionamiento son pruebas ejecutadas por el proveedor dentro de espacio coordinado con el departamento de producción para probar la programación y cambio ejecutadas en las maquinas. Se establece que para dar por entregado el proyecto de debe realizar todas las pruebas y condiciones de trabajo y que no existan problemas durante un tiempo mínimo de una semana (figura 27), de lo contrario el proveedor debe de solucionar cualquier problema que se presente que ponga en riesgo el proyecto.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	octubre	noviembre	diciembre	enero				
					P	M	F	P	M	F	P	M
PRUEBA DE COMISIONAMIENTO	7 días	lun 14/10/19	mar 22/10/19									

Figura 28 Periodo para pruebas

6.14 PRESENTACION A GERENCIA DEL PROYECTO FINALIZADO

Al finalizar el proyecto y al haber realizado las pruebas de Comisionamiento necesarias para asegurar el óptimo funcionamiento del automatismo, así como verificar las correctas alarmas y notificaciones que se espera que realicen los compresores y el plc se procede a notificar a gerencia de planta la finalización del trabajo realizado, esta presentación se realizara en un día como se muestra en la figura 28.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	octubre	noviembre	diciembre						
					P	M	F	P	M	F	P	M	F
Presentacion del proyecto a Gerencia	1 día	mié 23/10/19	mié 23/10/19										

Figura 29 Presentación a gerencia

BIBLIOGRAFÍA

- 5 consejos para el ahorro energético en el aire comprimido. (n.d.). Retrieved November 28, 2018, from <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/n-5-consejos-para-ahorro-energetico-aire-comprimido>
- AF compressors. (n.d.). Retrieved November 21, 2018, from <https://www.afcompressors.com/solutions-products/high-pressure-compressors/ce-range/>
- Aire comprimido. (n.d.). Retrieved November 1, 2018, from <https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/aire-comprimido>
- Alexander, C., & Sadiku, M. (2013). *Fundamentos de circuitos eléctricos* (Quinta edición). McGrawHill. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/laureatemhe/reader.action?docID=3214749&query=electricidad>
- Algebra_Boole.pdf. (n.d.). Retrieved from http://galia.fc.uaslp.mx/~uragani/algebra1/Textos/Algebra_Boole.pdf
- APLICACION DEL MAPA DE KARNAUGH. (2014, October 14). Retrieved November 2, 2018, from <https://dsanchez94.wordpress.com/2014/10/14/aplicacion-del-mapa-de-karnaugh/>
- ASALE, R.-, & ASALE, R.-. (2014). Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario. Retrieved November 28, 2018, from <http://dle.rae.es/>
- automatizacionindustrial. (2011, February 9). ¿ Que es la Automatización Industrial? Retrieved November 1, 2018, from <https://automatizacionindustrial.wordpress.com/2011/02/09/queeslaautomatizacionindustrial/>
- Baas, M. I. (2012). *Metodologia de la Investigacion* (1st ed.). Mexico: Pearson.
- Base de datos. (n.d.). Retrieved November 17, 2018, from <https://sistemas.com/base-de-datos.php>
- Bernal, C. (2010). *Metodologia de la Investigacion* (3rd ed.). Pearson.
- Bernal, J. (n.d.). Ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar): El círculo de Deming de mejora continua: PDCA Home. Retrieved November 16, 2018, from <https://www.pdcahome.com/5202/ciclo-pdca/>

- Bisanti, H. (2016). Máquinas sopladoras de PET. Retrieved November 28, 2018, from <https://www.bmimachines.com/maquinas-sopladoras-de-plastico-pet/>
- BOGE. (2010). 5 consejos para el ahorro energético en el aire comprimido. Retrieved November 5, 2018, from <https://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/n-5-consejos-para-ahorro-energetico-aire-comprimido>
- Cabrera Gutierrez, M. (2007). Estrategia de reducción de costos en re-trabajos para la producción del Bora y Variant: Caso Volkswagen México. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lni/cabrera_g_m/capitulo3.pdf
- Cardona Barrientos, M. (n.d.). AIRE COMPRIMIDO. Retrieved November 28, 2018, from <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/comprimido/comprimido.htm>
- Cerda, H. (1991a). Conoce los lenguajes de programación en SIEMENS. Retrieved November 2, 2018, from
- Cerda, H. (1991b). Metodología de la Investigación II. Retrieved from <http://postgrado.una.edu.ve/metodologia2/paginas/cerda7.pdf>
- Cervecería Hondureña - Nosotros. (n.d.). Retrieved November 1, 2018, from <https://cerveceriahondurena.com/nosotros/historia>
- Chauvin, S. (2011, July 13). Los 3 Criterios Más Usados Para Evaluar un Plan Financiero. Retrieved November 3, 2018, from <http://www.mujeresdeempresa.com/los-3-criterios-mas-usados-para-evaluar-un-plan-financiero/>
- Collet, G. (2013). Nuevas tendencias en automatización industrial. Retrieved November 28, 2018, from <http://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/108830-Nueva-tendencias-en-automatizacion-industrial.html>
- Compresores. (n.d.). Retrieved November 28, 2018, from <https://www.ecured.cu/Compresores>
- Consumo eléctrico en España: Qué es y qué factores influyen. (2018, September 10). Retrieved November 28, 2018, from [ahorrar/consumo/electrico](#)
- El ciclo de Deming o círculo PDCA: Origen y Fases. (2013, June 25). Retrieved November 14, 2018, from <https://www.s bqconsultores.es/el-ciclo-de-deming-o-circulo-pdca/>
- electronica-digital.pdf. (n.d.). Retrieved from <http://roble.pntic.mec.es/jlop0164/archivos/electronica-digital-4.pdf>

Enciclopedia de Características “AIRE.” (2017). Retrieved November 28, 2018, from <https://www.caracteristicas.co/aire/>

Estratificación. Herramienta para la mejora. (2011, April 15). Retrieved November 16, 2018, from <https://www.aiteco.com/estratificacion/>

FOOD_manual_compressed_air_es.pdf. (n.d.). Retrieved from https://www.festo.com/rep/es_es/assets/pdf/FOOD_manual_compressed_air_es.pdf

González, R. (2012). Diagrama de Pareto: Curva 80-20: PDCA Home. Retrieved from <https://www.pdcahome.com/diagrama-de-pareto/>

Gráficos de Control de Procesos. (2011, May 22). Retrieved November 16, 2018, from <https://www.aiteco.com/graficos-de-control/>

Grael, M. (2018, May 15). ¿Qué es y en qué consiste la filosofía Kaizen? Pasos y ejemplos. Retrieved November 14, 2018, from <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3906091-que-consiste-filosofia-kaizen-pasos-ejemplos>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metología de la investigación* (Quitna edición). McGrawHill.

Histograma - Herramientas de la Calidad. (2011, October 24). Retrieved November 16, 2018, from <https://www.aiteco.com/histograma/>

Hondureña, C. (2009). Manual operativo Sopladoras.

Ibarra, M. (2018, June 22). Sustento Teórico: Características, Para Qué Sirve y Ejemplo. Retrieved December 12, 2018, from <https://www.lifeder.com/sustento-teorico-investigacion/>

Inforeciclaje. El portal con información sobre el reciclaje. (n.d.). Retrieved November 28, 2018, from <http://www.inforeciclaje.com>

Integratec. (2014). INTEGRATEC Automation and Control Engineering. Retrieved from <http://integratec.hn/quienes-somos/>

Jirón, N. (2017, June 22). ¿En qué consiste la metodología DMAIC? Retrieved November 23, 2018, from <https://www.cicerocomunicacion.es/en-que-consiste-la-metodologia-dmaic/>

La hoja de verificación como herramienta de la calidad. (2016, August 2). Retrieved November 16, 2018, from <https://ingenioempresa.com/hoja-de-verificacion/>

Lenguaje de programación AWL. (n.d.). Retrieved November 28, 2018, from <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/Step7/paginas/contenido/step7/7/2.9.1.1.htm>

Loaiza, L. A. P. (2014). Guía básica de Licitación Pública, 27.

Logo, S. (2014, October 28). ¿Qué son FUP y KOP en Siemens Logo? Retrieved November 28, 2018, from <http://siemenslogo.com/que-son-fup-y-kop-en-siemens-logo/>

MAPAS DE KARNAUGH. (n.d.). Retrieved November 3, 2018, from http://www.dma.fi.upm.es/recursos/aplicaciones/matematica_discreta/web/karnaugh/metodokar.htm

Medidor Energia. (n.d.). Retrieved from https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=70054-0180-01.pdf&p_Doc_Ref=70054-0180-01

Modelo de Licitación. (n.d.). Retrieved November 17, 2018, from <http://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/alumno06/LicitaTroncal/lici.html>

Moshfeghian, M. (2015, July 1). Como Estimar la Eficiencia de Compresión? Retrieved November 21, 2018, from <http://www.jmcampbell.com/tip-of-the-month/spanish/?p=1588>

Murillo, A. (2013). CTIN. Retrieved December 11, 2018, from <http://www.ctinmx.com/que-es-un-plc/>

Ortega, J. (2015). Eficiencia en Compresores. Retrieved November 28, 2018, from <https://www.mundohvacr.com.mx/2006/07/eficiencia-en-compresores/>

Partes de un compresor. (2017). Retrieved from <https://www.partesdel.com/compresor.html>

Cervecería Hondureña. (2018, October 20). Reporte de energía control semanal año 2018.

RyD. (2003). RYD Industrial. Retrieved November 28, 2018, from <http://rydindustrial.com/>

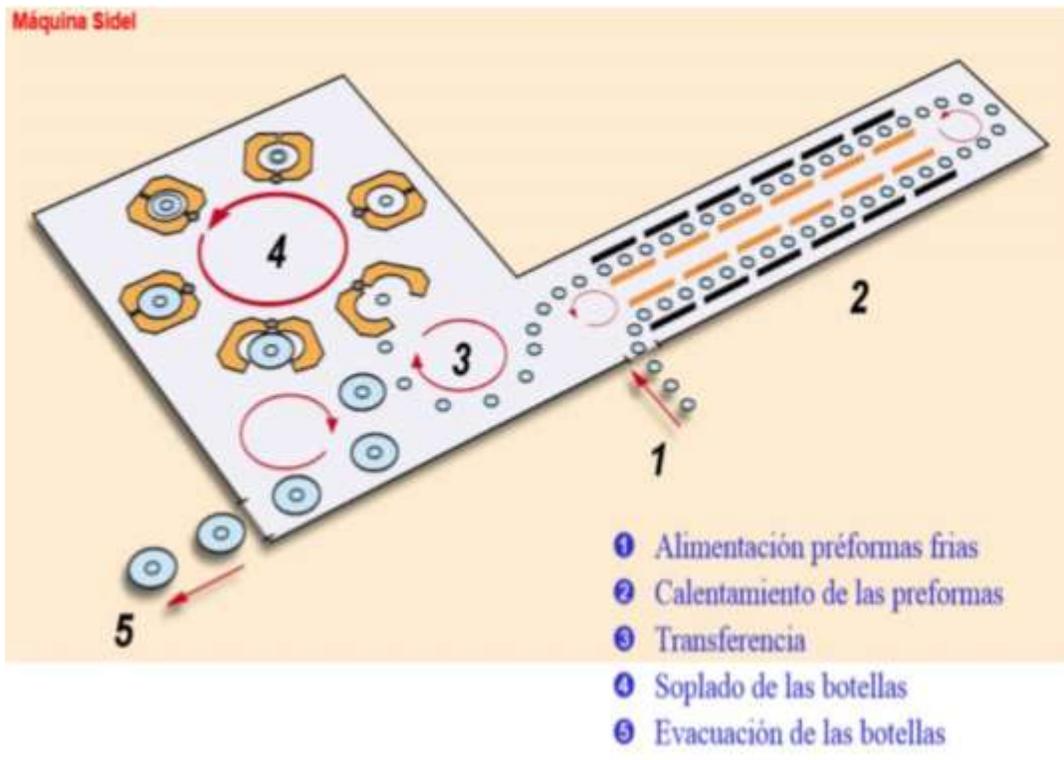
Uso del Compresor de Aire a través de la Historia | CBS Compresores. (2018, June 14). Retrieved November 28, 2018, from <https://cbscompresores.com.mx/uso-del-compresor-de-aire-a-traves-de-la-historia/>

Vilche, A. (2012a). Revista Electroindustria - Propuestas para el ahorro de energía en sistemas neumáticos. Retrieved November 28, 2018, from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1841>

Vilche, A. (2012b). Revista Electroindustria - Propuestas para el ahorro de energía en sistemas neumáticos. Retrieved November 15, 2018, from <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1841>

ANEXOS

ANEXO 1. PROCESO DE SOPLADO PET



ANEXO 2. COTIZACIÓN INTEGRATEC

Integratec

Integración de Tecnología

Las Flores 19-20 calle, 4a. avenida San Pedro Sula, Honduras.

Teléfono +(504) 2550-2778

Fax +504) 2557-8248

customer.service@integratec.hn

Atención Ing. Juan José Aguilar
Supervisor Electrónico Planta Refrescos
Cervecería Hondureña S.A.
Tel. +504 9487-5624

COTIZACION

FECHA	COTIZACION No.
23/11/2018	00412



Automatización e Ingeniería de Control

TIPO DE COTIZACION	TIEMPO DE ENTREGA	VALIDEZ	CREDITO
Automatización de proceso	A DEFINIR	30 DIAS	120 DIAS
CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO UNITARIO	PRECIO
1	Instalación de cableado, desarrollo de gabinete en sala de compresores de alta presión Equipo incluido: PLC Siemens CPU 315 2 DP / NP 32 DI, 32 DO. Pantalla SIMATIC 7". Tarjeta analógico Siemens 315- 16 AI / 16 AO. Cableado de control y etiquetado. Sensor de presión 4-20 mA.	L. 200,300.00	L. 200,300.00
2	Programación de lógica para encendido y apagado de compresores en PLC Siemens, integración con pantalla HMI 7" y puesta en marcha. U.L.	L. 133,700.00	L. 133,700.00
		SUBTOTAL L.	334,000.00
		16% I.S.V. L.	50,100.00
		TOTAL L.	384,100.00

Comentarios

Tiempo de Entrega a partir de la emisión de su Orden de Compra.

Emitir su Orden de Compra a nombre de Integratec S. de R. L. y enviarla a la dirección customer.service@integratec.hn

ANEXO 3. COTIZACIÓN RYD INDUSTRIAL

COTIZACION / QUOTE

Fecha Doo / Doc Date 23/11/2018
Numero Doo / Doc Number 29485
Vendedor / Sales Person Ricardo Zepeda
Fecha Venimiento / Due Date 23/12/2018
Num. Referencia / Reference Num. A 126
Condiciones de Pago / Payment Terms Dias



Ramon & Llerena Industrial S.R.L. de C.V.
 11 avenida 14 y 15 calle 10a. 1er. Edificio.
 San Pedro Sula, HONDURAS
 Tel. (504) 2658 - 8014 , (504) 2658 - 8013
 ventas2@rydindustrial.com

Ciente / Contacto / Dirección Factura
 Customer / Contact / Invoice Address

Cervecería Hondureña, S.A de C.V.

HONDURAS

Ciente / Contacto / Dirección de Entrega
 Customer / Contact / Delivery Address

Cervecería Hondureña, S.A de C.V.

HONDURAS

#	Artículo	Descripción	Cantidad	U.M.	Precio Unit	Total (LPS)
	Item Code	Description	Quantity	Unit	Unit Price	Total (LPS)
1	136852	SIMATIC 97-1200 CPU 1214C 14DI 24VDC, 10DO 24VDC	1.00	Unidad	LPS 25,030.0000	25,030.00
2	137009	SIMATIC 97-1200, ANALOG INPUT SM 1231	1.00	Unidad	LPS 8,728.0000	8,728.00
3	97-1200 CPU 1212C	SIMATIC 97-1200, CPU 1212C, Compact CPU, DC/DC/DC, ONBOARD I/O: 8 DI 24V DC ; 8 DO 24 V DC, 2 AI	1.00	Unidad	LPS 10,275.0000	10,275.00
4	TP 3070W	Panel táctil con 17.8 cm / 7"-TFT-Pantalla (analógico-resistivo (poliéster)), 800 x 480 Pixel (WVGA)	1.00	UNIDAD	LPS 63,617.1900	63,617.19
5	Comodin	Gabinete completo para energizar y proteger el PLC	1.00	Unidad	LPS 88,500.0000	88,500.00
6	Comodin	Programación de PLC y Pantalla, con opciones Webserver	1.00	Unidad	LPS 89,040.0000	89,040.00
7	PX3234	Sensor de Presión 200PSI 1/4"NPT Salida 4...20mA Cuerpo Acero INOX Marca IFM	4.00	UNIDAD	LPS 15,036.6100	60,146.44
Factor Certificado del documento L: 1.00						
Precio Sujeto a Cambio del Dólar Americano						
Precio Sujeto a Cambio del Precio Aytes						
Contacto : Ricardo Zepeda						
E-Mail : ventas2@rydindustrial.com						
Celular: 3176-0135						
					Sub-total	LPS 345,336.83
					I.S.V. / Tax	LPS 51,800.46
					Total	LPS 397,137.12



ANEXO 4.COMPRESOR ATELIER FRANCOIS



ANEXO 5. DOCUMENTO ACTA DE CONSTITUCIÓN



ACTA DE CONSTITUCION DEL PROYECTO

con formato en el cual se detallan las actividades, alcances y responsabilidades del proyecto

Nombre del Proyecto: Automatización de Compresores 30 bar CSD

Parte I. Resumen Ejecutivo

Se realizará mejora en el sistema de aire comprimido que alimenta las sopladoras de la planta de refresco, se pretende que arranque y apaguen automáticamente, el secuenciador elegirá que compresores y cuántos arrancar dependiendo la cantidad de sopladoras funcionando, se emitirán alarmas a correo o a celular vía mensaje, para notificar a los encargados del equipo en caso de fallas o alarmas que se activen en los compresores.

Parte II. Necesidad del Proyecto

¿Cuál es la necesidad del negocio y beneficios que el proyecto brindará?

1. Reducción en consumo de energía / Ahorro económico
2. Ahorro en Gasto por mantenimiento a los compresores

Necesidad(es) o razón para realizar el proyecto

1. Automatizar el sistema de aire comprimido
2. Utilizar el aire necesario para suplir la demanda actual

Beneficios tangibles e intangibles al completar.

1. Ahorro de 400 mil Lempiras anuales
2. Contribución a la vida útil del equipo reduciendo horas de uso

¿Cuáles son los entregables del proyecto?

- Compra de dispositivos de automatización.
- Instalación de paneles con plc, y dispositivos de protección de control.
- Pantalla para controlar el funcionamiento de los compresores

¿Cuál es la relación entre las metas del proyecto y las metas de la empresa?

Se automatizarán los compresores para generar una reducción de energía en la planta de refrescos y de esta forma habrá un ahorro económico por concepto de consumo eléctrico.

Parte III. Definición del Proyecto

¿Cuál es el alcance del proyecto?

Implementación de Panel, con dispositivos de control, plc y pantalla que sirva como interfaz entre el plc y el operador.

¿En cuánto tiempo se espera completar el proyecto?

- 2 meses

¿Cuánto es el presupuesto del proyecto?

- El presupuesto es de 16,500.00 USD

Nota: El se trata de un bien a sustituir se debe incluir el valor en libros del bien y de los repuestos en inventario a la fecha considerada para la implementación del proyecto.

¿Cuáles son las etapas relevantes del proyecto?

PROY-F-001 eV3e

ANEXO 6. FORMATO FINANCIERO RIA

Description	Cash Flows (KUSD)										
	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Total Benefits (KUSD) - positive value	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total Opex (KUSD) - negative value	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
EBITDA (KUSD)	0.0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Depreciation (KUSD) - negative value	(0.6)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)	(2.5)
EBIT (KUSD)	(0.6)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)	(2.0)
Tax (KUSD) - negative value	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Capex (KUSD)- negative value	(10.0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Spend (KUSD)	(10.0)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total Cash Flow (KUSD)	(10.0)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5