



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROYECTO FASE II**

**EFICIENCIA EN EL PANEL DE CONTROL DE VÁLVULAS EN LLENADORA DE REFRESCOS**

**PARA EMSULA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

**INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**PRESENTADO POR:**

**21341075 JEAN CARLOS GUIFARRO GÁLVEZ**

**ASESOR:**

**ING. JAVIER VILLANUEVA**

**CAMPUS SAN PEDRO SULA;**

**JUNIO, 2018**

## RESUMEN EJECUTIVO

Embotelladora de Sula Embotelladora de sula, S.A, es una empresa dedicada a la elaboración, embotellamiento y distribución de bebidas gaseosas y no gaseosas que pertenecen a la franquicia de PepsiCo. Es una empresa que se fundó a finales del año de 1956 en San Pedro Sula, Cortes donde sigue localizada. A pesar de que fue fundada hace más de 50 años la empresa siempre ha ido de la mano con la innovación tecnológica de las nuevas maquinarias automatizando los procesos y elaboración de bebidas.

Los avances tecnológicos de la actualidad permiten a las empresas de este rubro a producir los productos en gran cantidad en un periodo corto de tiempo. Debido a la gran demanda de refrescos en Honduras Embotelladora de Sula se ha visto obligada a tener máquinas de última generación y de alta gama. Las nuevas maquinarias son totalmente automatizadas esto permite que las tareas se realicen en un periodo de tiempo menor, aumentando la producción y ahorrando dinero en recursos que se necesitarían si se realizaran de forma manual. La automatización permite que, hasta cierto punto, los procesos se realicen sin la intervención del ser humano. De esta manera las empresas se ahorran costos en salarios, y también se reducen las posibilidades de que ocurran accidentes. Cabe mencionar que el error humano es eliminado cuando una tarea es realizada por una máquina autónoma, por lo cual se realizan operaciones con mayor precisión.

La instalación y adaptación de un nuevo panel de control de válvulas de llenado pone en práctica el conocimiento en programación y redes industriales. Se debe de tener el conocimiento apropiado para llevar a cabo la adaptación del nuevo panel en la maquinaria antigua, como también comprender el funcionamiento de esta.

Se realizó el cambio de panel de válvulas integrando el equipo ya en uso en la llenadora. Con el cambio se logró disminuir la cantidad de minutos de paros y se aumentó la eficiencia de la llenadora.

## Abstract

Embotelladora de Sula, S.A, is a company dedicated to the elaboration, bottling and distribution of soft drinks and non-carbonated beverages that belong to the PepsiCo franchise. It is a company that was founded at the end of 1956 in San Pedro Sula, Cortes where it is still located. Although it was founded more than 50 years ago, the company has always gone hand in hand with the technological innovation of the new machines, automating the processes and production of beverages.

The technological advances of the present time allow the companies of this field to produce the products in great quantity in a short period of time. Due to the high demand for soft drinks in Honduras, Embotelladora de Sula has been forced to have state-of-the-art and high-end machines. The new machines are fully automated, this allows tasks to be done in a shorter period of time, increasing production and saving money on resources that would be needed if they were done manually. Automation allows, to a certain point, the processes to be carried out without the intervention of the human being. In this way companies save costs in salaries, and also reduce the chances of accidents occurring. It is worth mentioning that human error is eliminated when a task is performed by an autonomous machine, for which operations are performed with greater precision.

The installation and adaptation of a new control panel of filling valves puts into practice the knowledge in programming and industrial networks. You must have the appropriate knowledge to carry out the adaptation of the new panel in the old machinery, as well as understand the operation of this.

The change of valve panel was made integrating the equipment already in use in the filler. With the change, the number of minutes of work stoppages was reduced and the efficiency of the filler was increased.

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	9
II. Generalidades de la Empresa .....	10
2.1 Nombre .....	10
2.2 Tipo de organización .....	10
2.3 Reseña Histórica .....	10
2.4 Misión y Visión .....	11
<b>2.5 OBJETIVOS</b> .....	12
<b>2.5.1 OBJETIVO GENERAL</b> .....	12
<b>2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	12
III. Marco Teórico .....	13
3.1 Proceso de manufactura .....	13
3.1.1 Tratamiento de agua .....	13
3.1.2 Jarabe simple .....	14
3.1.3 Jarabe terminado .....	15
3.1.4 Bebida .....	15
3.2 Maquinas llenadoras y sus sistemas de funcionamiento .....	16
3.2.1 Dosificación .....	17
3.2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN .....	18
3.3 Sistema de envasado .....	19
3.3.1 Maquina llenadora rotativa para botellas .....	20
3.4 Llenadoras rotativas Krones .....	21
3.4.1 Elementos de una llenadora rotativa .....	21
3.4.2 Sistema de llenado Krones .....	26
3.5 Controlador Lógico Programable .....	29
3.5.1 Origen del PLC .....	30
3.5.2 PLC Siemens S7-300 317-2 PN/DP .....	32
3.5.3 Módulos y protocolos de comunicación .....	34
3.5.4 Programación del PLC .....	37
3.6 Mando de válvulas de llenado KFS-5 .....	40
3.6.1 Estructura del mando de válvulas de llenado .....	40
3.7 Tiempo medio de reparacion (MTTr) .....	41

3.8 Eficiencia .....	41
IV. Metodología .....	42
4.1 Variables de investigación .....	42
4.1.1 Variables Independientes .....	42
4.1.2 Variables dependientes .....	43
4.2 Enfoque y Métodos .....	43
4.3 Población y Muestra .....	44
4.4 Técnicas e instrumentos aplicados .....	44
4.5 Fuentes de información .....	45
4.6 Cronograma de actividades .....	46
.....	46
V. Análisis y Resultados .....	46
5.1 Toma de datos .....	47
5.1.1 Antes del cambio de panel .....	47
5.1.2 Post-cambio de panel .....	48
1.2 Análisis de toma de datos.....	49
1.3 Panel de control .....	50
1.4 Programación y desarrollo de la lógica.....	52
1.4.1 Mapeo de las señales .....	52
1.5 Resultados finales.....	53
VI. Conclusiones.....	53
VII. Recomendaciones.....	54
7.1 Para la empresa .....	54
7.2 Para la universidad .....	55
VIII. Bibliografía.....	55

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Ilustración 1: Sistema de bombeo de tanque a tanque.....	18
Ilustración 2: Sistema hidroneumático .....	19
Ilustración 3: Sistema de control de presión con variador de velocidad .....	19
Ilustración 4: Construcción de una llenadora rotativa.....	22
Ilustración 5: Terminología específica .....	23
Ilustración 6: Mesa de máquina .....	24

Ilustración 7: Distribuidor giratorio de medios .....	25
Ilustración 8: Principio de funcionamiento Modulfill .....	27
Ilustración 9: Panel de relés y cables .....	30
Ilustración 10: : Primer controlador programable .....	31
Ilustración 11: PLC Siemens S-300 317 .....	32
Ilustración 12: : Esquema sencillo de un programa en escalera .....	38
Ilustración 13: Captura de un editor programado en lista de instrucciones.....	39
<b>Ilustración 14: Captura de un programa que utiliza bloques de funciones.....</b>	<b>39</b>
Ilustración 15: Diagrama de la estructura de llenado .....	40
Ilustración 16: Transformador de 120v a 24v .....	50
Ilustración 17: CPU 317-2 PN/DP.....	50
Ilustración 18: CPU 317-2 PN/DP.....	51
Ilustración 19: CPU 317-2 PN/DP.....	51
Ilustración 20: Modulo As-i analogicos .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Especificaciones Técnicas del 317-2 PN/DP .....	34
Tabla 2: Cronograma de actividades .....	46
Tabla 3: MTTR Antes del cambio de panel .....	47
Tabla 4: Eficiencia antes del cambio de panel .....	48
Tabla 5: MTTR despues del cambio de panel .....	48
Tabla 6: Eficiencia despues del cambio de panel .....	49

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Rendimiento nominal .....	28
Ecuación 2: Rendimiento ajustado .....	28
Ecuación 3: Rendimiento efectivo .....	28
Ecuación 4: Rendimiento promedio .....	28
Ecuación 5: Grado de suministro .....	29
Ecuación 6: Grado de aprovechamiento .....	29
Ecuación 7: Grado de eficiencia .....	29

## I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la demanda y ampliación del mercado de bebidas gaseosas y no gaseosa en el país ha llevado a Embotelladora de Sula a multiplicar esfuerzos y recursos para lograr satisfacer las necesidades del mercado. Lo cual sería imposible sin hacer uso de una de las más valiosas armas de la industria que es la tecnología. Las nuevas tecnologías se han vuelto vitales en la industria ya que con el tiempo las maquinas se vuelven obsoletas y desactualizadas y ya no pueden satisfacer las necesidades de los mercados en crecimiento; por lo tanto, las empresas necesitan de las nuevas tecnologías que salen al mercado.

Uno de los procesos más importantes y vitales en la elaboración de bebidas embotelladas es el llenado de las mismas. Ya que este proceso marca el rendimiento de la producción. Una máquina de llenado funcionando al 100% de su capacidad y sin ninguna falla sería lo ideal para cumplir las metas de producción que tiene una empresa; de otra forma con una máquina de llenado que presente múltiples fallas y paros representa un serio problema para la empresa.

“Una máquina puede hacer el trabajo de 50 hombres corrientes. Pero no existe ninguna máquina que pueda hacer el trabajo de un hombre extraordinario.” (Hubbard)

Por lo tanto, Embotelladora de Sula (EMSULA) ha decidido instalar un nuevo panel de control de válvulas de llenado en una de sus líneas de producción, ya que el panel que tiene actualmente está presentando múltiples fallas y ocasionando muchos paros en la línea de producción, esto afecta de manera negativa a la empresa ya que no es posible realizar la producción necesaria para satisfacer la demanda de la bebida.

A continuación se mostrará los datos generales de Embotelladora de Sula, S.A. de C.V. Tipo de organización, la ubicación, la reseña histórica, misión, visión y sus objetivos estratégicos

## **II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **2.1 NOMBRE**

Embotelladora de Sula S.A. de C.V.

### **2.2 TIPO DE ORGANIZACIÓN**

Es una empresa hondureña dedicada a la elaboración y comercialización de bebidas carbonatadas (refrescos), y no carbonatadas, como jugo y té.

Busca satisfacer nuestro mercado con productos y servicios de calidad a nivel mundial ya que nuestras marcas son líderes en el mercado nacional.

El grupo industrial Embotelladora de Sula. Está integrado verticalmente por varias empresas que elaboran materias primas y componentes para su proceso.

### **2.3 RESEÑA HISTÓRICA**

Embotelladora de Sula, S.A., fue constituida el 6 de diciembre de 1956, y fueron sus fundadores un grupo de inversionistas visionarios de ésta ciudad de San Pedro Sula, encabezados por Don Jorge J. Larach (Q.D.D.G.) quién fungió como primer Presidente del Consejo de Administración, siendo Don Andrés Godoy el primer Gerente General de la Empresa.

El 26 de enero de 1959, salieron al mercado los productos Pepsi en tamaños de 6.5 onzas y 12 onzas, unos meses después se lanzaron al mercado los refrescos JARRITOS en sus sabores, Limón, Tutti-Fruti, Mandarina y Tamarindo. Años más tarde se lanzaron los sabores de Uva, Naranja, Cola, Champagne, Soldado de Chocolate y Soda Sula; estos sabores fueron de excelente aceptación pero con el correr del tiempo se discontinuó su comercialización por falta de capacidad productiva.

Un año después del lanzamiento de Pepsi-Cola y Jarritos se formaliza una nueva sociedad con el nombre "CERVECERÍA CARTA BLANCA DE SULA, S.A." que vino a sustituir a Embotelladora de Sula, S.A., la nueva sociedad con capital mixto Hondureño-Mexicano, comercializa las cervezas Mexicanas "Carta Blanca", "Tecate", y "Colosal", debido a circunstancias adversas difíciles de sobrellevar esta empresa cierra operaciones en 1965.

En 1966 fue restaurada y de nuevo se cambió su razón social quedando nuevamente la anterior "EMBOTELLADORA DE SULA, S.A." dedicada exclusivamente a la producción y venta de refrescos, hielo y agua purificada, fungiendo como Gerente General el Lic. Jacobo Ramón Larach.

En 1972 se lleva a cabo la primera expansión la cual incluye un nuevo moderno equipo de producción; aprovechando esta capacidad de producción instalada, se lanza un nuevo tamaño de Pepsi, la Pepsi-Cola súper familiar.

Y ya bajo la Dirección General del Ing. Roberto C. Larach, se implementa una segmentación completa del mercado, que permite atender toda la zona noroccidental del país, que constituye el territorio autorizado por la franquicia de Pepsico, a través de una gama de Comercializadores independientes con lo que se logra una cobertura total y constante de mercado que viene a garantizar la presencia permanente de nuestros productos en todos los sectores y la creación de nuestros propios Centros de Distribución.

## **2.4 MISIÓN Y VISIÓN**

Misión:

Consolidarnos como el mejor embotellador y distribuidor de bebidas operando en Latinoamérica. Atendiendo cada día las diferentes y cambiantes necesidades de los consumidores, con los más altos estándares de calidad y atención al cliente

Visión:

El mejoramiento continuo, la innovación permanente y una administración funcional son parte integral de nuestro desempeño diario. Nos esforzamos continuamente por el desarrollo y buena relación con y entre todos los "Miembros del Equipo" y cada día consolidamos más las relaciones con nuestros proveedores, contratistas, consultores, franquiciadores, socios estratégicos y la comunidad.

## **2.5 OBJETIVOS**

### **2.5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Reemplazar el panel viejo de la llenadora por el modelo más reciente e unificar el control del mismo en un solo dispositivo.

### **2.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Integrar la misma maquinaria en la línea de producción, así como el mismo sistema de tuberías de agua, vapor y abastecimiento de producto.
- Instalar una pantalla de última generación que unifique el control de la máquina.
- Integrar todos los dispositivos de control, sensores e instalaciones eléctricas ya en funcionamiento con el panel anterior.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 3.1 PROCESO DE MANUFACTURA

El rubro de las bebidas ha existido desde hace mucho tiempo como lo menciona (Ward, 2002, p. 18): "Aunque muchas de estas bebidas, incluida la cerveza, el vino y el té, han existido desde hace miles de años, su industria se ha desarrollado en los últimos siglos." Debido a su desarrollo como industria hoy en día su producción es masiva y es una industria que siempre está cambiando, siempre las empresas están innovando y mejorando sus procesos de producción y manufactura.

Embotelladora de Sula S.A cuenta con 7 líneas de producción para elaborar sus productos embotellados. Además de una pequeña línea para el producto BIB (Bag In Box). Las líneas de producción han sido identificadas de varias formas: por un número del 1 – 7, por el número de válvulas de llenado o por letras.

Línea 1 (A o 72): Línea exclusiva para productos embotellados en envases de vidrio.

Línea 2 (B o 80 Combinada): Línea con la característica de embotellar producto en envases de plástico o de vidrio. Actualmente solo en envases de Plástico.

Línea 3 (D o 80): Línea para productos embotellados en envases de plástico.

Línea 4 (E o 96): Es la única línea utilizada para embotellar producto Lipton, Gatorade y Enjoy. Además de los demás productos en envase de plástico y presentación de 500 ml.

Línea 5 (F o 18): Línea exclusiva para producto Quanty

Línea 6: Línea exclusiva para producto Montana

Línea 7 (LATA): Línea exclusiva para productos en envase de lata

Bag in Box (BIB)

El proceso de producción de EMSULA consiste en varias etapas, estas son:

##### 3.1.1 TRATAMIENTO DE AGUA

El agua es una de los elementos más vitales en la producción de alimentos y bebidas; su uso e importancia se necesitan en toda la planta de producción. La industria de alimentos

requiere de grandes cantidades de agua para operar. Desde los procesos de limpieza diaria y lavado de manos, hasta su uso como ingrediente principal de algunos productos, el agua está presente en cualquier establecimiento en donde se preparen alimentos. Debido a su importancia para la inocuidad, se debe asegurar que el agua y su sistema de abastecimiento cumplan con la calidad necesaria. (IDEA, 2013, p. 36)

Consiste en remover las impurezas, olores, sabores y colores que presenta el agua cruda que se extrae de los 5 pozos con los que cuenta EMSULA. El agua cruda extraída de los pozos pasa a una cisterna, donde se le agrega una concentración de cloro de 2 partes por millón.

El agua continúa su proceso en los tanques de coagulación, donde se le agregan los reactivos químicos: cal, cloro y sulfato de aluminio, estos provocan que las impurezas formen un floculo en el fondo del tanque, permitiendo separarla de agua que continuará el tratamiento en los filtros de arena.

Los filtros de arena (utilizan 3) retienen las impurezas de menor tamaño que contiene el agua. Para esto usan arena fina de ½ pulgada y arena gruesa de 1 pulgada, con una concentración de cloro de 7 partes por millón.

Luego el agua pasa al tanque pulmón, donde se almacena el agua con una concentración de cloro de 7 partes por millón, para luego pasar a los filtros de carbón, los cuales eliminan por completo la concentración de cloro en el agua tratada. Luego el agua es enviada a los filtros pulidores, los cuales retienen las últimas impurezas presentes en el agua por medio de membranas de polietileno de 10 micras, para por último pasar por las lámparas ultravioletas, para asegurar la completa eliminación de microorganismos.

Las bebidas no carbonatadas (Quanty, Enjoy, Lipton y Gatorade) requieren un proceso más en el tratamiento del agua. Para cumplir los requerimientos de calidad es necesario que estos productos utilicen agua permeada, la cual se logra a través del proceso de Osmosis Inversa.

### 3.1.2 JARABE SIMPLE

Según (Garibay & Quintero, 2004, p. 26) el jarabe simple es un líquido de consistencia viscosa que contiene agua tratada y una solución concentrada de edulcorante, en el caso

de EMSULA, azúcar común extraída de la caña de azúcar. El jarabe simple se utiliza para brindarle al producto final la dulzura requerida.

El proceso de elaboración consiste en utilizar un tanque de cocimiento (poseen 3) para mezclar la cantidad de agua tratada (1400 galones) con la cantidad de azúcar requerida para cumplir las normas de calidad del producto final. Además, se agregan la cantidad de carbón activado y tierras diatomeas, necesarias para reducir la turbidez y color que trae el azúcar del proveedor, a partir de datos obtenidos del análisis de calidad. Luego el tanque de cocimiento deberá alcanzar una temperatura de 80 °C y permanecer durante 30 minutos en agitación constante para producir el jarabe simple. El proceso continúa con el filtrado del jarabe, con el cual se retienen las impurezas y el carbón activado antes utilizado. Una vez filtrado el jarabe simple se deberá analizar, para asegurar la no presencia de carbón en el mismo. Para terminar el proceso, el jarabe simple se enfría en el intercambiador de calor, para evitar el deterioro del jarabe simple y además de asegurar la eliminación de cualquier microorganismo.

### 3.1.3 JARABE TERMINADO

Se prepara añadiendo agua tratada y los concentrados a cierta cantidad de jarabe simple. Todas las cantidades dependen de las unidades de producto a fabricar, así como de las recetas de PepsiCo para elaborar el producto final con los parámetros adecuados. Todo esto se agita durante 20 minutos, para ello se utiliza uno de los 12 tanques de maduración. 10 de estos tanques tienen capacidad de 3000 galones, mientras que los otros 2 tienen capacidad de 6000 galones.

Una vez agitado, se lleva una muestra al laboratorio de calidad, para realizar el análisis físico-químico del mismo y asegurar la calidad requerida para el producto final. Los análisis que se realizan son: Brix del jarabe terminado y de la bebida patrón, además del pH y acidez titulable.

### 3.1.4 BEBIDA

Una vez preparado y aprobado el jarabe terminado, se procede a elaborar la bebida para ser posteriormente embotellada. El jarabe terminado es enviado al mezclador, donde se mezcla con el agua tratada, cuya cantidad depende de las unidades y del producto a

elaborar. Luego pasa al carbonatador donde se agregará el CO<sub>2</sub> y además enfría el producto a menos de 10 °C.

Embotellado: En este caso se tomó el proceso de embotellado de la línea 72, por lo tanto, el proceso inicia con el transporte de las cajas que contienen los envases de vidrio desde el área de almacenamiento. Una vez que llegan a la línea, una despaletizadora se encarga de colocar los envases en la banda transportadora, la cual los enviará a la lavadora.

En la lavadora, los envases son enjuagados con agua caliente y con una concentración de soda cáustica, la cual asegura la eliminación de impurezas y microorganismos. Al salir de la lavadora, los envases pasan por el inspector electrónico (omnivisión) el cual verifica y rechaza los envases que no cumplen los parámetros establecidos, tanto de limpieza como de la condición en que se encuentra. Luego los envases llegan a la llenadora la cual agrega la cantidad exacta de bebida en el envase de vidrio, inmediatamente el proceso continúa con la coronadora, la cual colocará la taparroscas o chapa adecuada para el envase y producto final.

Luego los envases llegan a la codificadora la cual le imprime la fecha de elaboración y fecha de vencimiento, para luego pasar por la última inspección tanto electrónica como humana, para verificar el nivel de llenado.

Para terminar el proceso, los envases llegan a la empacadora, la cual se encarga de colarlos en las cajas, para luego ser colocadas en pallets por la paletizadora, y así ser transportadas al área de almacenamiento de producto terminado.

### 3.2 MAQUINAS LLENADORAS Y SUS SISTEMAS DE FUNCIONAMIENTO

Las llenadoras son máquinas de envasado y embalaje las cuales introducen los productos a envasar en cantidades definidas con exactitud dentro de medios de envase y embalaje. En la norma DIN 8740, Parte 2» Definiciones para máquinas de envase y embalaje; máquinas llenadoras «se clasifican y definen las llenadoras. Los fabricantes emplean para sus máquinas llenadoras las más variadas designaciones, con frecuencia se denominan simplemente llenadora. Para la técnica de embotellamiento de bebidas también es válida la norma DIN 8782:» Definiciones para líneas de embotellado y equipos individuales «. (O. Rodríguez, 2006, p. 89)

Las maquinas llenadoras para líquidos y productos pastosos dentro de envases pre confeccionados y de forma inalterable sirven para envasar productos alimenticios, farmacéuticos, cosméticos o químicos. Los envases empleados son sobre todo botellas y latas.

### 3.2.1 DOSIFICACIÓN

Las botellas ingresan hacia los dosificadores de líquidos con ayuda de las bandas transportadoras, donde el producto se vierte a la velocidad y niveles escogidos por el operador del sistema.

En esta etapa, dependiendo de las características del producto, se emplea diversos sistemas de dosificación, como, por ejemplo: por presión, isobáricas, a vacío, por peso, de pistón, lineal, rotativa, monoblock, syncroblock, uniblock, etc. Para productos especiales se incorpora además un sistema de inclusión de CO<sub>2</sub> o N<sub>2</sub>.

Los dos sistemas principales de dosificación son:

- Volumétricos
- Por gravedad a nivel

#### 3.2.1.1 DOSIFICADO VOLUMÉTRICO

Este método manipula la medida del volumen controlando la cantidad de líquido que ingresa a la botella. Proporciona flexibilidad en las capacidades y condiciones de trabajo en función del tipo de líquido a dosificar, permitiendo el llenado de productos con viscosidades variadas como agua, leche, zumos, detergentes, cosméticos y otros productos químicos.

#### 3.2.1.2 DOSIFICADO POR GRAVEDAD A NIVEL

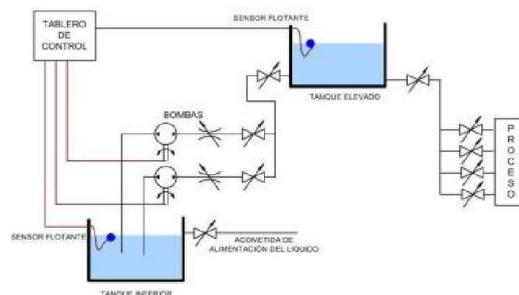
Este sistema aprovecha la gravedad para realizar el llenado en cada una de las botellas, por tal motivo el depósito se ubica en la parte superior de la llenadora.

En función de sus características de dosificación, es apropiado este método cuando el tipo de líquido a llenar son productos fluidos como el agua, el vino, etc.

### 3.2.2 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN

#### 3.2.2.1 SISTEMAS DE TANQUE A TANQUE

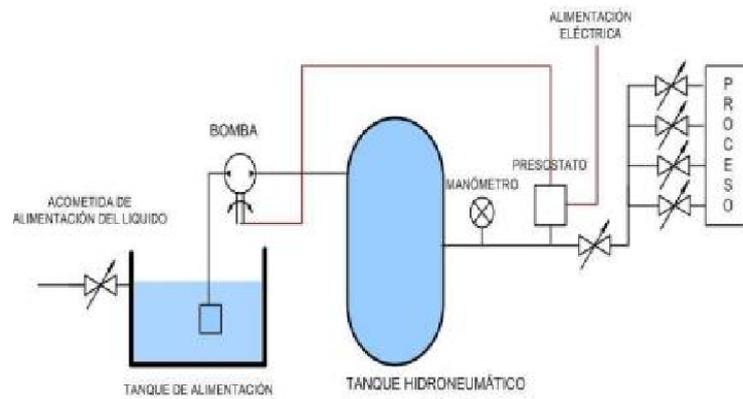
Consiste en trasladar el líquido de un tanque que se encuentre en la parte inferior hacia un tanque más elevado con una altura que permita tener la presión de líquido requerido, de esta manera se hace descender el líquido mediante tuberías hacia el proceso basado en el principio de la gravedad. La selección de los equipos de bombeo se debe hacer en base a las curvas características de los mismos y de acuerdo a las condiciones del sistema de distribución:



**Ilustración 1: Sistema de bombeo de tanque a tanque**

#### 3.2.2.2 SISTEMAS HIDRONEUMÁTICOS

(Malpud, 2017) explica que se basan en el principio de compresibilidad o elasticidad del aire cuando es sometido a presión. Consiste en la succión del líquido desde un tanque de almacenamiento hacia un tanque de presión, dentro de este tanque se encuentra un volumen de aire que al ingresar un líquido se comprime hasta llegar a una presión máxima preestablecida por un presóstato, al llegar a la presión preestablecida la bomba de alimentación del líquido se apaga, mientras se va consumiendo el líquido que se encuentra en el interior del tanque, va bajando la presión hasta llegar a una mínima establecida por el presóstato y encender la bomba de alimentación para empezar nuevamente el ciclo:

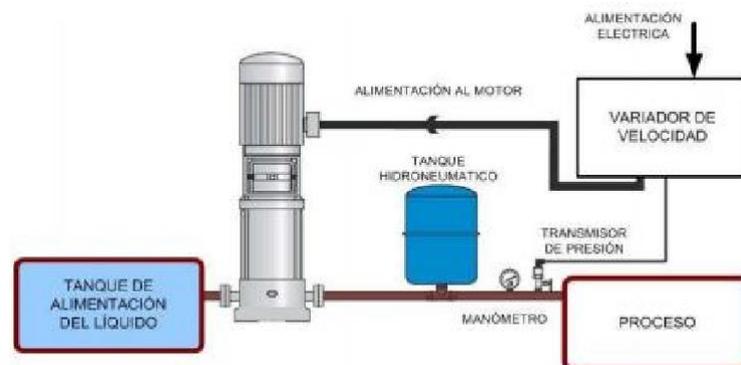


**Ilustración 2: Sistema hidroneumático**

### 3.2.2.3 SISTEMAS DE CONTROL DE PRESIÓN

CONTROL DE PRESIÓN

Son sistemas basados en controlar y mantener la presión del líquido constante, colocando un sensor a la línea de descarga y luego conectado directamente hacia el variador para que ejecute el algoritmo de control enviando la frecuencia adecuada hacia el motor para mantener constante la presión:



**Ilustración 3: Sistema de control de presión con variador de velocidad**

### 3.3 SISTEMA DE ENVASADO

“Un producto bien envasado es aquel que además de estar bien protegido, hace su aporte para optimizar las ventas. Cada producto tiene una necesidad, y el mercado de las bebidas ofrece muchas opciones innovadoras y creativas.” (Mathis, 2004)

Generalmente las maquinas llenadoras constan de dispositivos de alimentación, dosificación y llenado del producto, así como de transportadores para los envases. Las

llenadoras para líquidos y productos pastosos se diferencian principalmente en el paso circular o lineal de los envases a llenar a través de la máquina y en su marcha ya sea intermitente o continua.

Dependiendo del material empleado en los envases destinados a ser llenados existen básicamente dos sistemas de manipulación de envases dentro de las líneas de embotellado:

- Los envases de vidrio o latas son transportados parados preferentemente sobre sistemas transportadores o también sobre porta envases en las llenadoras rotativas
- Las botellas PET recorren la línea de embotellado en transportadores aéreos suspendidos por el anillo del gollete. El sistema de sujeción por el cuello permite procesar diferentes tamaños y diámetros de botellas en las llenadoras sin cambio de piezas de formato luego de cambiar de programa en la pantalla de mando

### 3.3.1 MAQUINA LLENADORA ROTATIVA PARA BOTELLAS

Para una empresa de esta magnitud se necesita producir a gran escala o en masa (Susana Jiménez, 2008) define producción a gran escala o en masa como: "La fabricación de una gran cantidad de productos estandarizados. Tiende a ser intensiva en capital con altos niveles de productividad. El costo unitario suele ser relativamente bajo. Una parte esencial de la producción en masa suele ser la especialización." Conforme a la terminología usualmente empleada en este sector las maquinas llenadoras de funcionamiento circular reciben la designación rotativa.

Estas llenadoras rotativas, generalmente de marcha continua, trabajan sobre todo dentro de rangos de rendimiento altos. Una característica especial es su construcción compacta incluyendo un elevado número de puestos de llenado y la alta velocidad de llenado sin derramamiento del producto. Se caracterizan por el centrado individual muy seguro de los envases entre porta envases y válvula de llenado, necesario debido a las altas velocidades alcanzadas.

#### 3.3.1.1 TRANSPORTE DE LOS ENVASES

Los envases son una parte fundamental en la industria alimentaria, (O. Rodríguez, 2006) describe la función del envase como: La principal función del envasado de alimentos es protegerlos y preservarlos de la contaminación exterior. El envasado de los alimentos es una técnica fundamental para conservar la calidad de los alimentos, reducir al mínimo su deterioro y limitar el uso de aditivos. El envase cumple funciones de gran importancia: contener los alimentos, protegerlos del deterioro químico y físico, y proporcionar un medio práctico para informar a los consumidores sobre los productos.

Los envases vacíos son alimentados sobre un transportador al tornillo sin fin de alimentación. Este tornillo entrega los envases a la estrella de entrada conforme al espacio libre entre los puestos de llenado. La sección circular de llenado está compuesta por lo plato elevadores individuales, las unidades de centrado y las guías externas. La parte superior de la llenadora con el depósito de reserva y las válvulas de llenado también gira. Al elevarse los platos elevadores los envases son centrados en la boca y el tubo de llenado es introducido en el envase. De esta manera quedan eliminados prácticamente eventuales errores de centrado. La introducción de los tubos de llenado es activada ya sea por un movimiento vertical mandado por leva de los platos elevadores de las válvulas de llenado. El transporte circular de los envases, el movimiento vertical de los platos elevadores y el centrado son ejecutados generalmente mecánicamente. En caso de una botella defectuosa el plato es desenganchado automáticamente. El llenado es activado ya sea por el movimiento de apriete de la botella o por un impulso electro neumático. Un sensor determina la presencia de la botella sobre el conjunto elevador. La programación del lev de mando define el proceso de llenado que puede ser normal, desde el fondo o líquido a líquido desde el fondo. La estrella de salida conduce los envases nuevamente sobre un transportador, encargado de alimentarlos generalmente a la taponadora.

### 3.4 LLENADORAS ROTATIVAS KRONES

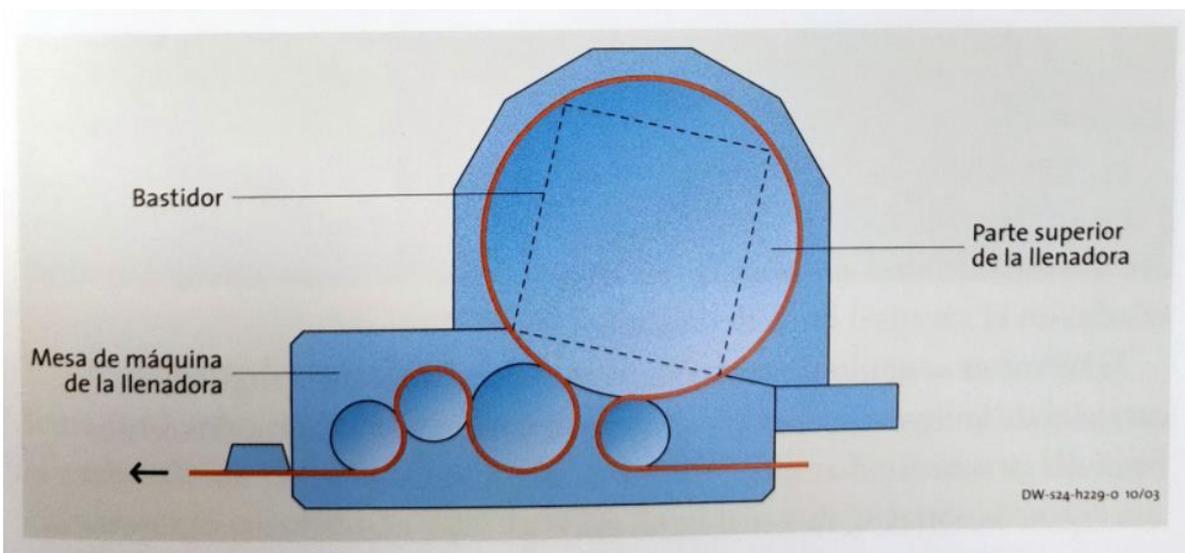
#### 3.4.1 ELEMENTOS DE UNA LLENADORA ROTATIVA

A diferencia de las maquinas lineales los modelos rotativos empleados para el embotellado de bebidas alcanzan rendimientos por hora mucho más altos debido a su

funcionamiento continuo. Con una llenadora rotativa de alta velocidad se pueden llenar hasta 84.000 envases/hora o hasta 120.000 latas/h. Naturalmente estos rendimientos de las maquinas llenadoras dependen siempre del tamaño y de la forma del envase a llenar, así como el tipo y de la composición del producto, por lo tanto, es imposible generalizar los datos sobre rendimiento.

Una llenadora rotativa se subdivide en los siguientes grupos constructivos:

- Bastidor y mesa de la llenadora
- Parte superior de la llenadora



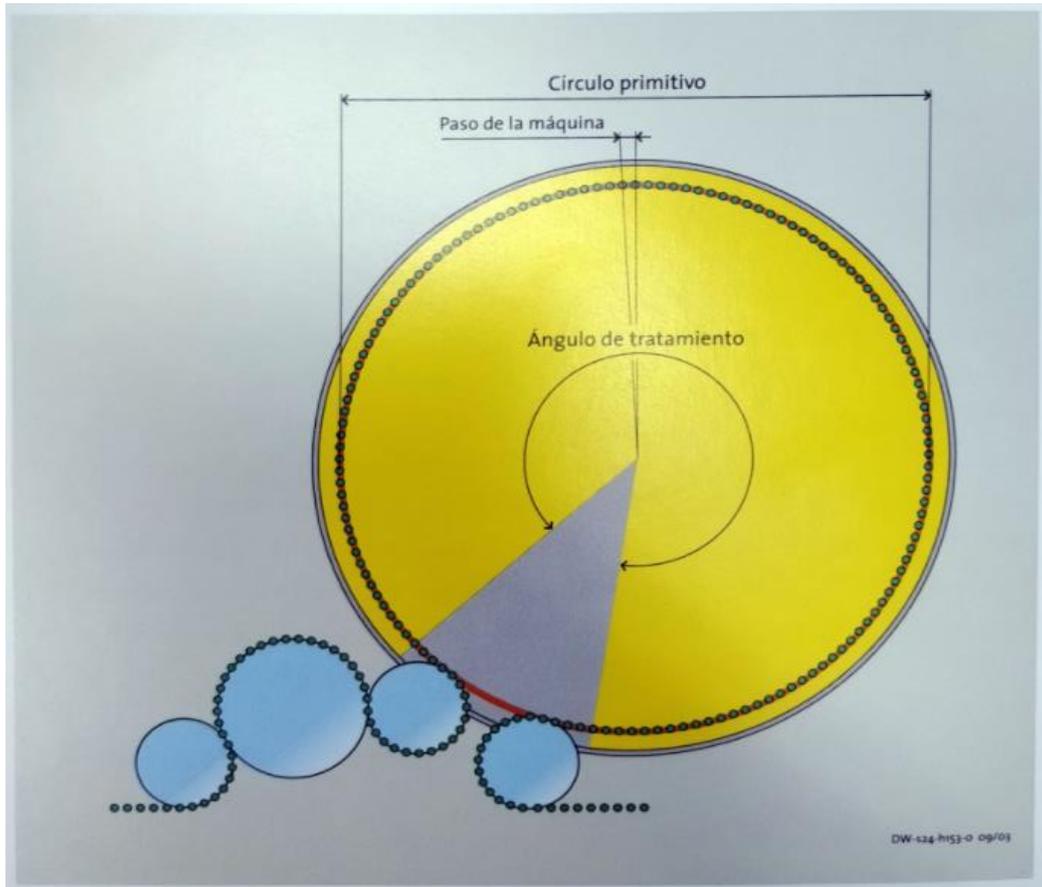
**Ilustración 4: Construcción de una llenadora rotativa**

Terminología específica

Para describir una llenadora y su tamaño y los datos de rendimiento se emplean ciertos términos técnicos, los cuales son:

- Círculo primitivo: describe el diámetro de una llenadora e indica la distancia entre los orificios de apertura de válvulas opuestas
- Paso de la máquina: indica la distancia entre dos válvulas de llenado, es decir mide el largo de una cuerda del círculo
- Cantidad de válvulas de llenado: indica el número de válvulas instaladas en el carrusel de la llenadora

- Angulo de tratamiento: define la selección angular del carrusel a la llenadora, disponible para la ejecución de las diferentes fases del proceso



**Ilustración 5: Terminología específica**

#### 3.4.1.1 BASTIDOR Y MESA DE MÁQUINA DE LA LLENADORA

Transporte y alimentación de los envases

El dispositivo de transporte se encarga de conducir las botellas en una hilera a la llenadora. Las botellas de vidrio o PET retornables son transportadas de pie sobre transportadores de acero inoxidable o plástico; botellas PET no retornables generalmente son transportadas por transportadores aéreos sujetadas por el anillo del cuello.

Un bloqueador de botellas frena el flujo de botellas alimentado por el transportador. Esta estrella de bloqueo es accionada por el flujo de botellas mismo, en rendimientos elevados a partir de 24.000 env/h se emplea un bloqueador de botellas amortiguado accionado neumáticamente. Al frenar el flujo de botellas se evita su rotura durante la separación.

A continuación, un tornillo sinfín separa el flujo de botellas según el paso de la llenadora y entrega las botellas separadas a la estrella de entrada.

#### Mesa de maquina

La mesa de máquina de la llenadora contiene todos los elementos de alimentación de envases de la llenadora tales como tornillo sinfín, estrella de entrada y de salida y está unida al carrusel de la llenadora por unas columnas ubicadas en la parte inferior de la mesa.



**Ilustración 6: Mesa de máquina**

Ilustración 7 Mesa de máquina (O. Rodriguez, 2006, p. 35)

#### 3.4.1.2 PARTE SUPERIOR DE LA LLENADORA

Los elementos de la parte superior de la llenadora son:

- Distribuidor giratorio de medios
- Deposito anular con canales adicionales para gas, vacío y descarga

- Sistema guiado de los envases con unidad de elevación
- Elementos de llenado y válvulas de mando para funciones adicionales

#### Distribuidor giratorio de medios

El producto y todos los medios necesarios para su envasado en los respectivos envases son alimentados al sistema a través de un distribuidor giratorio de medios ubicado en la parte central de la llenadora. La alimentación es efectuada preferiblemente por abajo desde un conjunto de válvulas de distribución instalado junto a la línea de embotellado, el cual se encuentra conectado a los respectivos tanques y conductos de alimentación.



**Ilustración 7: Distribuidor giratorio de medios**

Fuente: Krones

#### Armario de componentes electrónicos

Encima del soporte sobre el deposito anular se encuentra el armario de componentes electrónicos o torre electrónica y el distribuidor del aire y de la electricidad. El aire

comprimido es suministrado de dos maneras: los cilindros de mando para los movimientos de apertura/cierre de las válvulas de mando son accionados por aire seco y a una presión de 6 bar. Para los cilindros elevadores y los movimientos de ascenso de las unidades elevadoras se requiere aire engrasado con 4 bar de presión, aunque en este caso el consumo por parte de los cilindros elevadores es casi cero, a excepción de pequeñas fugas. El aire de trabajo engrasado dentro de los cilindros elevadores es necesario sobre todo debido a que los sellos del accionamiento no son aptos para una marcha en seco.

Las tareas de mando del distribuidor electrónico incluyen:

- El ajuste de altura del depósito anular
- La regulación del nivel del producto en el depósito anular
- La transmisión de la señal de un medidor de caudal inductivo de una sonda Transsonar o de una sonda de nivel
- La transmisión de la señal a la válvula de llenado y a las válvulas de mando para los trayectos del gas y el abastecimiento de los cabezales de rociado
- El sensor de temperatura
- El transmisor de presión
- La válvula de seguridad
- Los detectores de aproximación para el control de posición de las botellas debajo de la válvula de llenado

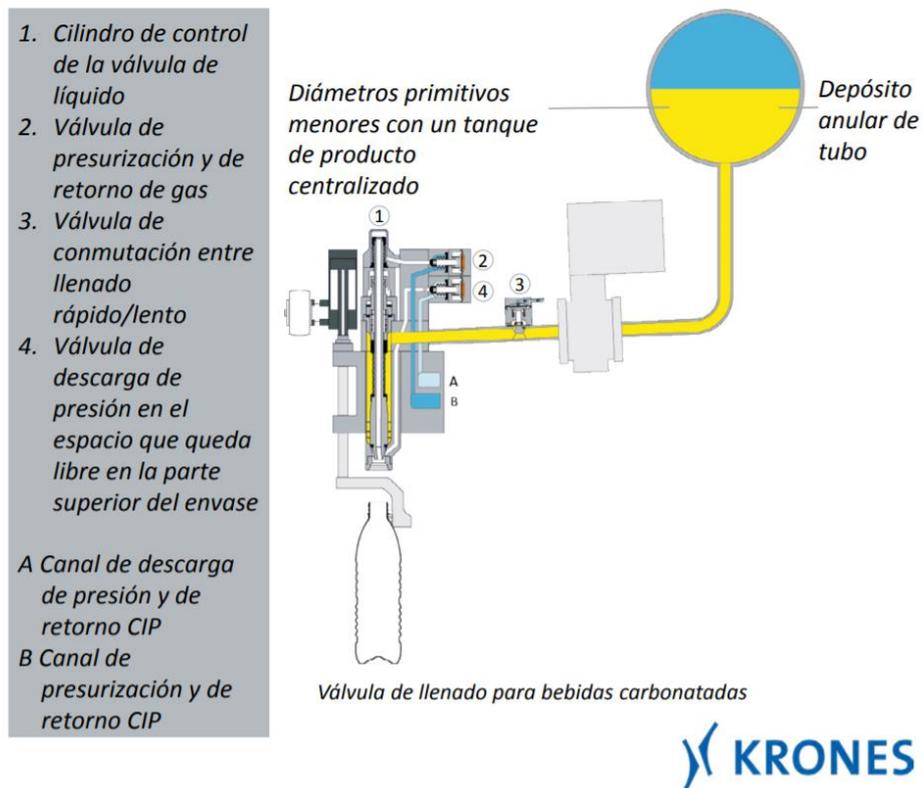
### 3.4.2 SISTEMA DE LLENADO KRONES

Las llenadoras rotativas en el proceso de llenado cuentan con un ángulo de tratamiento, que nos indica la parte de la llenadora donde llevan a cabo las diferentes fases del proceso. De llenado. El ángulo de llenado es la parte donde se lleva a cabo el llenado de la botella, debido a que es un caudal continuo de producto el ángulo de llenado varía con respecto al tamaño de la botella.

#### 3.4.2.1 MODULFILL

Los sistemas máquinas llenadoras hoy en día se diferencian por si son procesos mecánicos o electrónicos. Krones cuenta con varios sistemas de llenado, en el caso de la llenadora de la línea ochenta trabaja con el sistema Modulfill. El sistema Modulfill trabaja de la siguiente forma: Primero el envase PET se presiona contra la válvula y se presuriza. El llenado iniciará cuando el depósito anular de tubo y la botella de PET presenten idéntica

presión. El hecho de que el llenado se ejecute a dos velocidades garantiza que el producto fluya perfectamente. Un caudalímetro inductivo controla el volumen de líquido que entra. Al obtenerse el volumen de llenado exacto, se cierra la válvula. Tras una fase de estabilización, la válvula de descarga reduce la presión en el espacio que queda libre en la parte superior del envase PET y el producto envasado sale de la máquina.



**Ilustración 8: Principio de funcionamiento Modulfill**

Fuente: Krones

### 3.4.3 Calculo de la capacidad de una llenadora

“La utilización racional de todos los recursos es una tarea continua y por tanto debe seguirse a largo plazo. La elección y configuración de las instalaciones de producción tiene aquí una gran influencia en la eficiencia que se alcanzará más tarde en la producción.” (Carrasco, 2010, párr. 6)

#### 3.4.3.1 RENDIMIENTO NOMINAL

$$Q_{eff} = \frac{cantidad}{unidad\ de\ tiempo}$$

**Ecuación 1: Rendimiento nominal**

Producción por unidad de tiempo para la cual la máquina ha sido dimensionada. Depende de: tamaño del envase, medio de envase, decoración, producto a envasar

3.4.3.2 RENDIMIENTO AJUSTADO

$$Q_{est} = \frac{cantidad\ por\ giro}{segundos\ por\ giro} \times \frac{segundo}{unidad\ de\ tiempo}$$

**Ecuación 2: Rendimiento ajustado**

Velocidad de trabajo de la máquina, calculada de la cantidad de envases por giro de la máquina; calcula el rendimiento teórico por unidad de tiempo (p.ej. por hora) durante una marcha sin paradas, a una velocidad de trabajo ajustada y con carga completa.

Depende de: tamaño del envase, medio de envase, decoración, producto a envasar

3.4.3.3 RENDIMIENTO EFECTIVO

$$Q_{eff} = \frac{cantidad}{tiempo\ general\ de\ trabajo}$$

**Ecuación 3: Rendimiento efectivo**

Cantidad de envases producidos durante el tiempo general de marcha del equipo por unidad de tiempo; es la suma de los tiempos en los cuales el equipo tiene carga completa y de los tiempos de perturbaciones ocasionadas por la máquina y por la línea

3.4.3.4 RENDIMIENTO PROMEDIO

$$Q_m = \frac{cantidad}{tiempo\ de\ produccion}$$

**Ecuación 4: Rendimiento promedio**

Fuente: El mundo de los envases

Promedio de cantidad de envases producidos durante el tiempo de producción de la línea con respecto a la unidad de tiempo; como tiempo de producción se definen los tiempos de operación, así como los tiempos secundarios de procesamiento (tiempos de equipamiento, mantenimiento, fase de arranque y de parada, así como pausas de operación remuneradas)

3.4.3.5 GRADO DE SUMINISTRO

$$\lambda_A = \frac{rendimiento\ efectivo\ Q_{eff}}{rendimiento\ nominal\ Q_n}$$

### **Ecuación 5: Grado de suministro**

Fuente: El mundo de los envases

Relación entre rendimiento efectivo y rendimiento nominal de la línea

#### 3.4.3.6 GRADO DE APROVECHAMIENTO

$$\varphi_A = \frac{\text{rendimiento promedio } Q_m}{\text{rendimiento nominal } Q_n}$$

### **Ecuación 6: Grado de aprovechamiento**

Fuente: El mundo de los envases

Relación entre rendimiento promedio y rendimiento nominal de la línea

#### 3.4.3.7 GRADO DE EFICIENCIA

$$\eta_A = \frac{\text{rendimiento efectivo } Q_{eff}}{\text{rendimiento ajustado } Q_{est}}$$

### **Ecuación 7: Grado de eficiencia**

Fuente: El mundo de los envases

Relación entre rendimiento efectivo y rendimiento ajustado de la línea

## 3.5 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

El PLC (Programmable Logic Controller en inglés) es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos en secuencia (una etapa después de la otra) que se ejecutan en la industria. Es decir, que está directamente relacionado a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo.

(Leao, 2017, p. 53) afirma: "Los PLCs se han convertido en la expresión máxima de la automatización industrial, frecuentemente sirviendo de enlace entre máquinas y humanos. Como controladores universales, los PLCs pueden ser programados para realizar una variedad de tareas".

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, es decir se pueden adaptar a la

tarea que se requiera en la industria. Puede manejar desde las tareas más sencillas hasta las más difíciles en la industria.

Aparte de ser programados, son automáticos, son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman acciones en base a programación que contienen, para mantener estabilidad en la maquinaria que es utilizado.

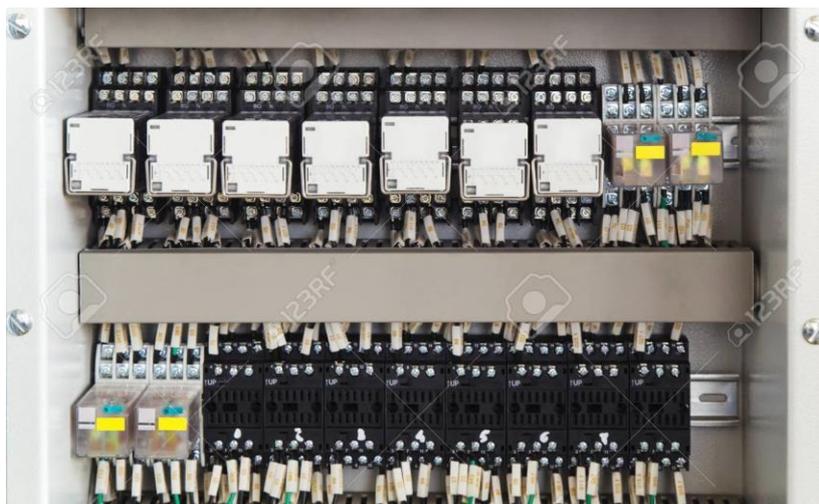
(Proymec, 2014, p. 79) afirma: "Este sistema puede ser empleado en distintos tipos de procesos, desde aquellos de menor envergadura como montacargas o dosificadores, hasta otros más complejos como manejos de lazos de control o sistemas de líneas de producción. El modelo necesario para cada tarea dependerá precisamente de la complejidad del proceso a monitorear".

### 3.5.1 ORIGEN DEL PLC

Cuando se empezaron a usar los relés en el control de procesos productivos, se comenzó a añadir lógica a la operación de las máquinas y así se redujo considerablemente la carga de trabajo del operador humano.

Los relés permitieron establecer automáticamente una secuencia de operaciones, programar tiempos de retardo, contar las veces que se producía un suceso o realizar una tarea en dependencia de que ocurrieran otras. Pero a la vez muchas acciones estaban limitadas ya que un relé solo se limita a sus dos posiciones de funcionamiento: estable o en reposo.

(E. Rodriguez, 2013, p. 129) afirma: "Un relé o un contactó es un interruptor automático; con él podemos realizar diversas combinaciones y sus aplicaciones son múltiples. Las clases y características de los relés varían según la función a realizar y fabricante".



**Ilustración 9: Panel de relés y cables**

Fuente: 123RF.

A pesar de que fueron muy útiles en la industria y utilizados globalmente, los relés tienen un tiempo limitado de vida, debido a que sus partes mecánicas están sometidas a desgaste, los conductores de corriente pueden quemarse o fundirse, y con ello puede provocarse una avería y tendrán que ser reemplazados constantemente.

Su mayor inconveniente en la industria era que la estructura de programación era fija. Luego que se diseñaba el panel para la operación que se requería, se construía y se cableaba. El problema era cuando se necesitaba que la maquinaria funcionara de diferente forma, se tenía que construir un panel nuevo. No se podía modificar, ya que el diseño estaba hecho solamente para una sola operación.

La existencia de ordenadores en el momento del desarrollo de los PLC fue lo que inspiró su concepto: Se tendría que diseñar un artefacto que actuara como una computadora, fuese capaz de efectuar el control y pudiese ser re-programada, pero que fuera resistente ya que se iba a utilizar en la industria.

Los primeros controladores completamente programables fueron desarrollados en 1968 por una empresa de consultores en ingeniería (Bedford y Asociados), que luego se llamó MODICON.



### **Ilustración 8: Primer controlador programable.**

Fuente: MODICON.

Y fue así como el primer PLC fue construido en 1969 por encargo de General Motors Hydramatic Division (fábrica de transmisiones para los vehículos de la General Motors). Este PLC se diseñó como un sistema de control con un computador dedicado para controlar una parte de la cadena de producción y sustituir los sistemas de cableado que usaban hasta la fecha, que resultaban difíciles de modificar, cada vez que se requerían cambios en la producción.

Con estos controladores primitivos era posible:

- Programar desarrollos de aplicaciones para su uso en ambientes industriales.
- Cambiar la lógica de control sin tener que cambiar la conexión de los cables.
- Diagnosticar y reparar fácilmente los problemas detectados.

#### 3.5.2 PLC SIEMENS S7-300 317-2 PN/DP



**Ilustración 11: PLC Siemens S-300**

**317**

Fuente: Siemens

<b>CPU 317-2 PN/DP</b>	
6ES7 317-2EJ10-0AB0	
<b>Memoria</b>	
Memoria de trabajo	512 kB / 170 k instrucciones
Respaldo	todos los bloques hasta 256 KB son remanentes
<b>Tiempos de procesamiento</b>	
Operaciones con bits	< 0.05µ s
Operaciones con palabras	< 0.2µs
Aritmética en coma fija	< 0.2µs
Aritmética en coma flotante	< 1.0µs
<b>Temporizadores / contadores</b>	
Contadores S7 / tempor. S7	512 / 512
Contadores IEC / tempor. IEC	sí
<b>Áreas de datos</b>	
Marcas	4 kB
<b>Bloques</b>	
No. de bloques transferibles (suma de FCs + FBs + DBs)	2048
Números permitidos	2048 FC, 2048 FB, 2047 DB
<b>Bloques de organización (OB)</b>	
	Ciclo libre (OB1) Interrupción horaria (OB10) Interrupción con retardo (OB20) Interrupción de tiempo (OB35) Interrupción de proceso (OB40) Interrupciones DPV1 (OB54-56) Arranque (OB100) Error no síncrono (OB80, 82, 85-87) Error síncrono (OB121,122)
<b>Áreas de direccionamiento</b>	
Área de direccionamiento E/S	8 kB / 8kB
Imagen de proceso E/S	256 / 256
Canales digitales	65.536 / 65.536
Canales analógicos	4096
<b>Número total de enlaces</b>	32
<b>Ampliación</b>	
Bastidores	máx. 4
Módulos por bastidor	8
<b>Interfaz PN</b>	
Funciones / protocolos admitidos	1. Comunicación abierta a través de PROFINet (CbA, con posterioridad: PROFINet E/S) y SIMATICnet OPC-Server 2. Comunicación S7 para el intercambio de datos entre PLCs 3. Programación, puesta en servicio y diagnóstico con Step7 4. Conexión a HMI y SCADA
No. de interlocutores con interconexiones en CbA con transmisión cíclica y no cíclica	máx. 32

<b>Interfaz DP</b>	
No. líneas DP int. / CP 342-5.	2/2
Tiempo de ciclo constante	sí
Activar /desactivar esclavos DP	sí
Velocidad de transmisión	12 MBaud
No. esclavos DP por estación	124
Comunicación directa	sí
CbA PROFIBUS Proxy Funcionalidad:	hasta 16 esclavos inteligentes

### **Tabla 1: Especificaciones Técnicas del 317-2 PN/DP**

Fuente: Siemens

#### **3.5.3 MÓDULOS Y PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN**

“Un protocolo es un método estándar que permite la comunicación entre procesos (que potencialmente se ejecutan en diferentes equipos), es decir, es un conjunto de reglas y procedimientos que deben respetarse para el envío y la recepción de datos a través de una red.” (CCM, 2018)

Según la Asociación de la industria electrónica Chile (2013) afirma que: En principio un protocolo de comunicación es un conjunto de reglas que permiten la transferencia e intercambio de datos entre los distintos dispositivos que conforman una red. Estos han tenido un proceso de evolución gradual a medida que la tecnología electrónica ha avanzado y muy en especial en lo que se refiere a los microprocesadores.

##### **3.5.3.1 AS-I**

Un sistema industrial formado por redes AS-i es considerado como el más económico e ideal para la comunicación entre actuadores y sensores. Los beneficios de la utilización de una red AS-i van desde ahorros de hardware hasta el comisionamiento de una red AS-i propiamente dicha.

Una red AS-i es muy simple, requiere apenas solo un único cable para conectar los módulos de entradas y salidas de cualquier fabricante. Los usuarios de una red AS-i no necesitan conocimientos a fondo en sistemas industriales o protocolos de comunicación. A diferencia de otras redes digitales, la red AS-i no necesita de terminadores y de archivos de descripción de equipos. La simplicidad es su principal importancia.

Los sistemas AS-i son eficientes y muy rápidos, haciéndolos capaces de sustituir los sistemas grandes y con altos costos. Existen maestros AS-i, especialmente, desarrollados para comunicarse con los sistemas de control y proporcionan una integración perfecta entre las tecnologías existentes. Lo mejor de todo es que se logra de una forma simple y sencilla.

La expansibilidad es muy fácil de conseguir – solo tiene que conectar un módulo, direccionar y, luego conecte el cable de la red. Verifique si el LED de la fuente de alimentación está conectado y, luego, vea si está conectado al siguiente módulo. La red AS-i soporta cualquier topología de cableado: estrella, bus, árbol, anillo o cualquier otra configuración con hasta 100 metros de cable. O bien, mediante la adición de repetidores es posible expandir el sistema hasta 300 metros. La red AS-i es de fácil instalación, ya que no necesita de terminadores en los puntos extremos.

### 3.5.3.2 PROFINET

Profinet está basado en Ethernet Industrial, TCP/IP y algunos estándares de comunicación pertenecientes al mundo TI. Entre sus características destaca que es Ethernet en tiempo real, donde los dispositivos que se comunican por el bus de campo acuerdan cooperar en el procesamiento de solicitudes que se realizan dentro del bus.

Con PROFINET es posible conectar dispositivos, sistemas y celdas (conjuntos de dispositivos aislados entre sí), mejorando tanto la velocidad como la seguridad de sus comunicaciones, reduciendo costes y optimizando la producción. Por sus características, PROFINET permite la compatibilidad con comunicaciones Ethernet más propias de entornos TI, aprovechando todas las características de éstas, salvo la diferencia de velocidad que posee una comunicación Ethernet situada en una red corporativa frente al rendimiento en tiempo real que necesita una red industrial.

Además, el uso del estándar PROFINET en el nivel E/S pueden proporcionar las siguientes ventajas:

- Mejora la escalabilidad en las infraestructuras.
- Acceso a los dispositivos de campo a través de la red. PROFINET al ser un protocolo que utiliza Ethernet en su comunicación facilita acceder a dispositivos de campo desde otras redes de una forma más fácil.

- Ejecución de tareas de mantenimiento y prestación de servicio desde cualquier lugar. Es posible acceder a dispositivos de campo mediante conexiones seguras como por ejemplo VPN para realizar mantenimientos remotos.

### 3.5.2.3 ETHERNET INDUSTRIAL

Ethernet industrial se centra en el entorno de producción y no debe nunca confundirse con el entorno de TI tradicional. IE requiere mucho más estrictas las normas para los productos que se han desplegado, ya que están habitualmente en entornos de fábrica, cerca de grandes IME (Interferencia Electro Magnético) dispositivos como motores, mecánicos y de alta humedad, altas temperaturas o el frío, de alto contenido químico, vaporosa atmósfera etc., donde la mayoría de los dispositivos de TI que han sido diseñados para utilizar entornos de oficina.

Los protocolos de Ethernet industrial pueden ser estándar y no estar modificados, o pueden modificarse para hacerse más seguros desde el punto de vista de la automatización y control industrial. El Ethernet industrial es una fuerza creciente en las redes industriales, pueden incluir hardware y software más adecuado para un entorno exigente.

La capa física de Ethernet puede incluir conectores -que en el caso industrial son más resistentes que los convencionales- cables y switches. De igual modo, el protocolo de software que corre sobre Ethernet puede ser TCP/IP o puede incluir otras capacidades extras en la capa de aplicación que pueden hacer al protocolo Ethernet aún más útil para aplicaciones industriales. Estas capacidades extra pueden ser elementos de priorización o planificación, los cuales son considerados más apropiados para movimiento, seguridad y otras implementaciones demandantes.

Con el incremento en su uso, Ethernet se ha convertido en el estándar de red de área local (LAN) de facto para comunicaciones electrónicas. Luego de ser un par de cable trenzado sin protección, Ethernet ofrece rendimientos de 10/100/1000 Mbps -con 10Gbps en el horizonte- sobre largas distancias.

### 3.5.2.4 MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA

A través de ellas se origina el intercambio de información, ya sea con la finalidad de adquirir de datos, o para el mando o control de las máquinas presentes en el proceso.

Los módulos de entrada y salida hacen las veces de dispositivos de interface, que entre sus tareas principales están las de adecuar los niveles eléctricos tanto de los sensores como de los actuadores o elementos de potencia, a los valores de voltaje que emplea el microcontrolador. (Villajulca, 2009, párr. 3)

Los módulos de entrada, transforman las señales de entrada a niveles permitidos por la CPU. Mediante el uso de un acoplador óptico, los módulos de entrada aíslan eléctricamente el interior de los circuitos, protegiéndolo contra tensiones peligrosamente altas, los ruidos eléctricos y señales parásitas. Finalmente, filtran las señales procedentes de los diferentes sensores ubicados en las máquinas.

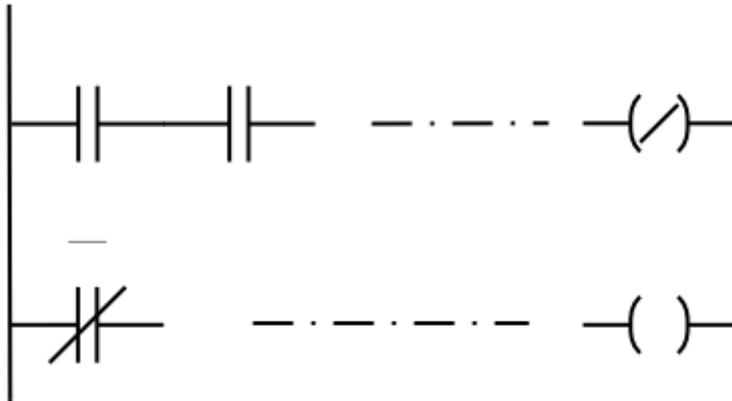
Los módulos de salida, permiten que la tensión llegue a los dispositivos de salida. Con el uso del acoplador óptico y con un relé de impulso, se asegura el aislamiento de los circuitos electrónicos del controlador, y se transmiten las órdenes hacia los actuadores de mando.

#### 3.5.4 PROGRAMACIÓN DEL PLC

En la actualidad cada fabricante diseña su propio software de programación, lo que significa que existe una gran variedad de software de programación al igual que la cantidad de PLCs que hay en el mercado. No obstante, actualmente existen tres tipos de lenguajes de programación de PLCs como los más difundidos a nivel mundial; estos son:

- Lenguaje de contactos o Ladder: Es un programa muy utilizado para programar PLC o autómatas programables. El diagrama de escalera fue uno de los primeros lenguajes utilizados para programar PLCs debido a su similitud con los diagramas de relés que los técnicos ya conocían.

Básicamente se compone de dos barras, a la derecha el lado positivo y a la izquierda el lado negativo, entre estas dos barras se colocan contactos de los cuales unos serán sensores y a la derecha van todas las bobinas que usaremos para activar las salidas. (José, 2016, p. 15)

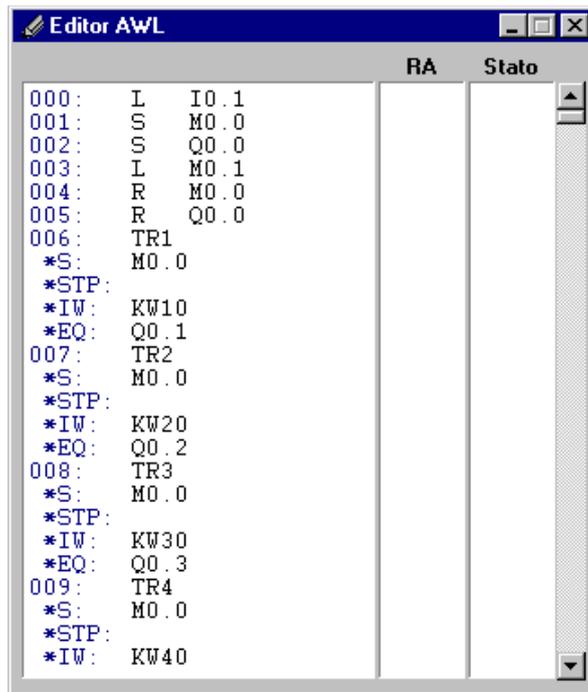


**Ilustración 12: : Esquema sencillo de un programa en escalera**

Fuente: Lenguajes de programación.

Este lenguaje permite representar gráficamente el circuito de control de un proceso, con ayuda de símbolos de contactos normalmente cerrados y normalmente abiertos; relés, temporizadores, contadores, registros de desplazamiento, etc. Cada uno de estos símbolos representa una variable lógica cuyo estado puede ser verdadero o falso.

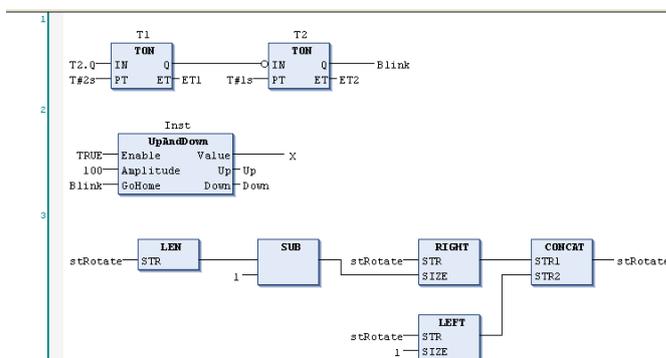
- Lenguaje Booleano (Lista de instrucciones): Un programa en lenguaje Lista consta de una serie de instrucciones (hasta 1000 instrucciones) de diversos tipos. Cada fila de programa tiene un número generado de forma automática, un código de instrucción y un operando tipo bit o palabra. El lenguaje Booleano utiliza la sintaxis del Álgebra de Boole para ingresar y explicar la lógica de control. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos, haciendo uso de operadores Booleanos (AND, OR, NOT, etc.) y otras instrucciones nemónicas, para implementar el circuito de control.



**Ilustración 13: Captura de un editor programado en lista de instrucciones.**

Fuente: Lenguajes de programación.

- Diagrama de funciones: Es un lenguaje gráfico que permite al usuario construir procedimientos complejos mediante la unión de bloques funcionales prediseñados. Este lenguaje gráfico también describe una función entre las variables de entrada y variables de salida, como un conjunto de bloques elementales, que están conectados por líneas de conexión, al igual que un circuito eléctrico.



**Ilustración 14: Captura de un programa que utiliza bloques de funciones.**

Fuente: Lenguajes de programación.

Generalmente utilizan símbolos lógicos para representar al bloque de función. Las salidas lógicas no requieren incorporar una bobina de salida, porque la salida es representada por una variable asignada a la salida del bloque.

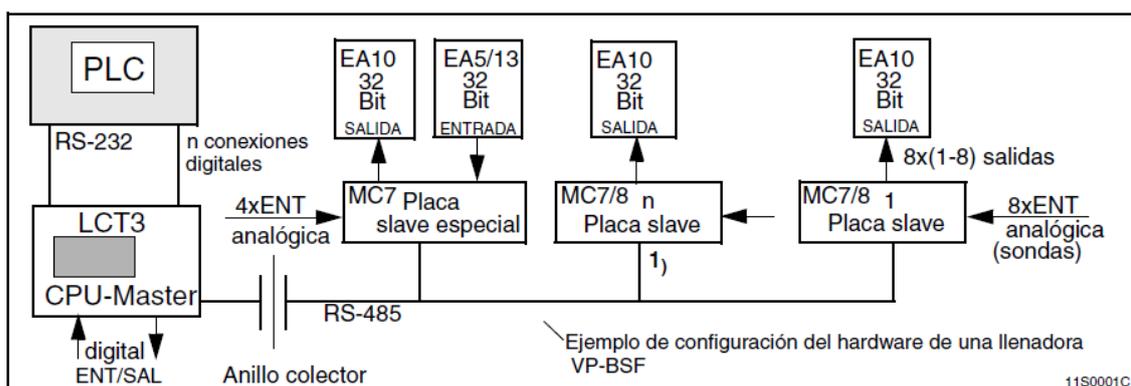
El diagrama de funciones lógicas, resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente. Adicionalmente a las funciones lógicas estándares y específicas del vendedor, el lenguaje FBD de la Norma IEC 1131-3 permite al usuario construir sus propios bloques de funciones, de acuerdo a los requerimientos del programa de control.

### 3.6 MANDO DE VÁLVULAS DE LLENADO KFS-5

#### 3.6.1 ESTRUCTURA DEL MANDO DE VÁLVULAS DE LLENADO

El mando por microprocesador puede controlar en función de distancia y de tiempo diferentes tipos de llenadoras con hasta 8 válvulas de mando por elemento llenado.

- El PLC se encarga del mando general de la máquina y está unido a la unidad LCT3 a través de la interface RS-232
- La LCT3(CPU Master) manda n placas Slave y una placa Slave especial
- Una placa Slave (MC7 o MC8) manda 8 elementos de llenado como máximo
- Una placa de salida (EA10) puede conmutar 32 salidas
- La placa Slave especial (MC7) proporciona 32 entradas (EA5 o EA13) 32 salidas (EA10), 2 entradas de sonda analógicas y 2 entradas de tensión analógicas (0-10V) para funciones especiales en la parte giratoria de la máquina.



**Ilustración 15: Diagrama de la estructura de llenado**

### **3.7 TIEMPO MEDIO DE REPARACION (MTTR)**

Según (Torres, 2010, p. 1) "MTTR es el tiempo promedio que toma reparar algo después de una falla." Este indicador sirve para medir la eficiencia de una máquina y la rapidez del equipo para trabajar de nuevo en el menor tiempo posible.

(Zegarra, 2016, p. 1) nos habla como la Gestión del Mantenimiento de Equipos, incluye la Gestión de Ingeniería del Mantenimiento y la Gestión Administrativa del Mantenimiento. La primera tiene que ver con la solución técnica de los problemas presentados en las máquinas, implementación de las buenas prácticas para la solución de problemas mecánicos o atención de reparaciones, etc., es por eso que los indicadores son fundamentales para que la gestión de mantenimiento tenga la información necesaria para resolver los problemas de manera definitiva.

### **3.8 EFICIENCIA**

El dinámico mundo actual, exige un alto nivel de competitividad, a través de una elevada capacidad de respuesta; en cuanto a ello, al consultar con diferentes gerentes de prestigiosas empresas, con respecto de cuál es su principal herramienta en la toma de decisiones, muchos coinciden en que es la información. La información se obtiene por medio de la comunicación, verbal o escrita; esta implica el uso de un código y un medio.

(Gonzales, s. f., párr. 2) no habla como la tecnología actual, ha permitido una gran evolución en los medios, desde el telégrafo, pasando por las microondas y satélites, hasta el láser. Sin embargo, los códigos no han evolucionado con la misma rapidez, trayendo como consecuencia ruido en la comunicación, evidenciado a través de ciertos mensajes de error.

Ahora, supongamos una situación en que un alto gerente de una empresa se encuentra con un caso crítico, en la que debe reemplazar una línea de producción o a un

especialista, y se encuentra en el mercado con el hecho de que en las credenciales de los aspirantes o en las especificaciones técnicas de los equipos, se usan indistintamente los términos eficiencia, eficacia y efectividad, el tiempo para tomar la decisión es crítico y no se puede consultar a cada fabricante o aspirante cuál es su concepto sobre estos términos. La situación anterior, evidencia de que a pesar que la gerencia de la empresa pudo conseguir la información en centésimas de segundo, por medio de ordenadores o sistemas de telemática, no la pudo interpretar por la falta de un código universalmente aceptado, tal como se lo es el alfabeto o el sistema decimal.

(Zambrano, 2004) Cuenta con el modelo que más completo, para la explicación de los términos en cuestión, Sin embargo, para su entendimiento, se requiere el conocimiento de otros conceptos asociados, para ello y con el debido consentimiento del autor, serán desarrollados a continuación:

**Eficiencia:** Es la relación existente entre el vector insumos (cantidad, calidad, espacio y tiempo) y el vector productos (ídem), durante el subproceso estructurado, de conversión de insumos en productos.

**Eficacia:** Es la relación existente entre el vector producto y el vector resultados, durante el subproceso Cusi estructurado y tecno político de conversión de productos en resultados; esta relación se establece por la calidad\* del producto al presentar el máximo de efectos deseados y mínimo de indeseados (balance de antiperístasis). Reduciendo así, los reprocesos, re trabajo y el desperdicio, dentro de la viabilidad prevista.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Estas se pueden dividir en independientes y dependientes. La variable que manipula el experimentador recibe el nombre de variable independiente. El objeto, proceso o característica a estudiar y que modifica su estado con la modificación de la variable independiente se llama variable dependiente. (Echegoyen Olleta, 2012)

#### **4.1.1 VARIABLES INDEPENDIENTES**

- Conexiones en el panel de control de válvulas.

- Presión de aire en las válvulas.
- Dispositivos electrónicos del panel principal y del panel de válvulas
- Forma de la botella PET

#### 4.1.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Cantidad de paros en la producción.
- Cantidad de presión de aire requerida.
- Cantidad de botellas llenadas correctamente.

#### 4.2 ENFOQUE Y MÉTODOS

Para poder darle un enfoque y una metodología al proyecto primero hay que definir adecuadamente lo que es una metodología que comprenda un enfoque. De acuerdo a ([www.geocities.com](http://www.geocities.com), 2004) una metodología se define de la siguiente manera:

Enfoque de un problema de manera total, organizada, sistemática y disciplinada. Esta definición muestra una distinción entre "metodología" y "técnica". La técnica se considera como un componente de la metodología, como el medio o procedimiento que se usa para realizar la metodología misma. En otras palabras, la técnica es sólo uno de los muchos ingredientes interactivos de cualquier metodología participativa.

De la misma forma, necesitamos tener conceptos muy claros de los dos enfoques que se tomaron en cuenta en este proyecto, los cuales son, el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo. Estos enfoques los define (Marisela Dzul Escamilla, s. f.) de la siguiente manera:

El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar una hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

El enfoque cualitativo tiene como objetivo la descripción de las cualidades de un fenómeno. Busca un concepto que pueda abarcar una parte de la realidad.

Partiendo de estas definiciones pudimos identificar nuestros enfoques cuantitativos y cualitativos como los siguientes:

Enfoque cuantitativo: Con la recopilación de datos y números, se determinó que el alto números de paros se debía a que muchos componentes fallaban dentro del panel, como

fotoceldas, sensores. Y la obsolescencia del panel elevan los costos de estos repuestos, por lo tanto, el costo de producción de bebida es más elevado.

Enfoque cualitativo: El enfoque cualitativo está inclinado con la reparación de la llenadora cada vez que esta falle y el mantenimiento de la misma, encontrar repuestos es más difícil por su obsolescencia. Además, que se va a unificar el control de la llenadora en una sola pantalla táctil, ya que anteriormente estaba dividido en una pantalla táctil y botones físicos.

Previo a la realización del proyecto se llevó a cabo un estudio del proceso de llenado en las líneas de producción, estudio de toda la maquinaria que desarrolla el proceso de llenado. Después del análisis del proceso y la maquinaria se llevó a cabo un estudio del enfoque cuantitativo para tomar los datos de los paros de producción de la maquinaria debido a fallas mecánicas o eléctricas. Con estos datos se pudo cuantificar la cantidad de paros y los tiempos de estos.

Además, se realizó el análisis desde un enfoque cualitativo tomando en cuenta los comentarios y opiniones de los técnicos e ingenieros sobre los paros y mantenimiento que se le daba al panel de control de válvulas. De esta manera se pudo concluir que era tiempo de renovar el panel de control de válvulas ya que era demasiado antiguo y con el cambio del panel se le podía alargar un poco más el tiempo de vida útil a la máquina.

#### 4.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Haciendo uso de la técnica de la entrevista se pudo averiguar algunos datos estadísticos de la producción y eficiencia en la línea de producción. El problema en la línea de producción se centra en las múltiples fallas que presenta la línea debido al panel de control de válvulas, y cuando esta falla es muy difícil encontrar su repuesto; por ende, la línea pasa parada mucho tiempo.

#### 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

En lo referente a las técnicas de investigación, se puede manifestar que, son las diferentes formas en que una investigación puede llevarse a cabo. Es el conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método y solo se aplica a una ciencia. (Ferrer, 2010)

En esta sección, se detallará cuáles fueron las técnicas utilizadas para recopilar la información necesaria para cumplir con los objetivos de la investigación. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

- Observación

En el sentido del investigador es la experiencia, o el proceso de mirar detenidamente, o sea, en sentido amplio, el experimento. (Manuel Ildefonso Ruiz, 2012)

Esta fue la primera técnica usada para recopilar datos para la investigación. Debido a que parte del trabajo fue realizado en campo, una de las herramientas más adecuadas para realizar el estudio fue esta. Gracias a la observación, se procedió a realizar el cambio de panel, ya que se pudo determinar que este era la parte más crítica en las fallas.

- La entrevista

Avilez M (2009) dice que "Las entrevistas se utilizan para recabar información en forma verbal, a través de preguntas que propone el analista".

Esta técnica fue utilizada tanto como en las visitas técnicas al campo, como en la empresa. Fue necesario realizar preguntas a los ingenieros encargados con el proyecto para tener claro el trabajo que se debía realizar. Fue especialmente importante en la etapa de planeación, de cómo se debería de ejecutar el cambio, con respecto al tiempo que teníamos para realizarlo, ya que no se podría estar en paro mucho tiempo.

#### 4.5 FUENTES DE INFORMACIÓN

Son todos los recursos que contienen datos formales, informales, escritos, orales o multimedia. (María Silvestrini y Jacqueline Vargas 2008)

Las fuentes son necesarias para poder obtener información que sirva como apoyo para realizar un proyecto. Estas sirven como guía y dan orientación a las decisiones que se tomen. Es necesario hacer buen uso de los recursos disponibles, para disponer de una cantidad variada de información, y de esa manera poder elaborar un mejor proyecto.

Entre las fuentes que se utilizaron para la elaboración de este proyecto se encuentran:

- Manuales del equipo Krones, siemens que fue utilizado (Panel de control de válvulas, PLC, Módulos, etc.).
- Manuales y mapeo de las señales del panel antiguo (KSF 3).
- Estudios sobre los sistemas de llenado que maneja Krones.

#### 4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Semana									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Induccion a la planta	■									
Introduccion a las lineas de produccion	■									
Estudio de la linea #80		■								
Recopilacion de datos			■							
Evaluacion de la llenadora			■							
Analisis de datos				■						
Estudio del nuevo panel de control de valvulas					■					
Retirar el panel antiguo KSF3						■				
Retirar dispositivos utiles del panel principal de la maquina						■				
Colocar nuevo panel de control de valvulas KSF5							■			
Armar el nuevo panel principal de la maquina								■		
Puesta en marcha de la maquina									■	■
Correccion de errores de la maquina										■

**Tabla 2: Cronograma de actividades**

Fuente: Elaboración propia

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Debido a que los resultados del proyecto dependían en gran medida de determinar que se acción tomar para reducir número de paros, costos de reparación y mejorar eficiencia de materia prima y que se aprobara por parte del jefe de mantenimiento industrial, los datos recabados comprenden números actuales del funcionamiento de la llenadora.

## 5.1 TOMA DE DATOS

### 5.1.1 ANTES DEL CAMBIO DE PANEL

Para poder cuantificar tiempos y números de paros por fallas mecánicas o eléctricas tenemos que definir y comprender el proceso de producción de bebidas que se lleva en las líneas de producción de la planta. Los datos que se obtuvieron del panel de control de válvulas antes de hacer el cambio fueron de la semana 2 y semana 3 del proyecto de graduación. En el área de mantenimiento se manejan dos importantes indicadores el MTTR y eficiencia, donde el MTTR (Medium Time To Repair) es el tiempo medio de reparación con lo que tenemos un indicador del tiempo promedio que tarda un mantenimiento correctivo en repararse; la eficiencia por otra parte es un indicador de calidad para cumplir con las metas de producción.

Según los últimos datos de MTTR de mantenimiento antes de instalar el nuevo panel de control la tabla sería la siguiente:

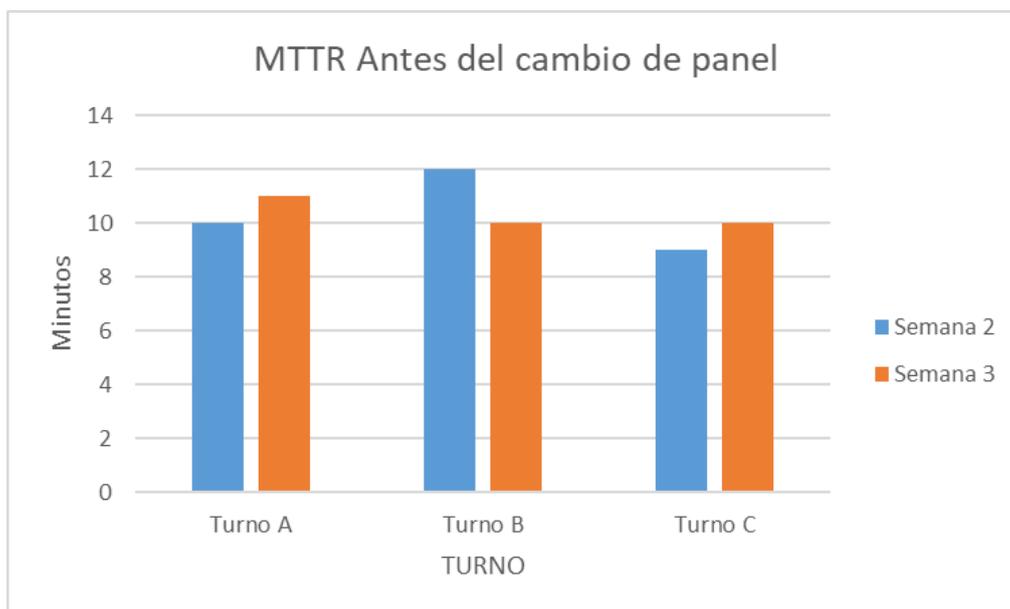
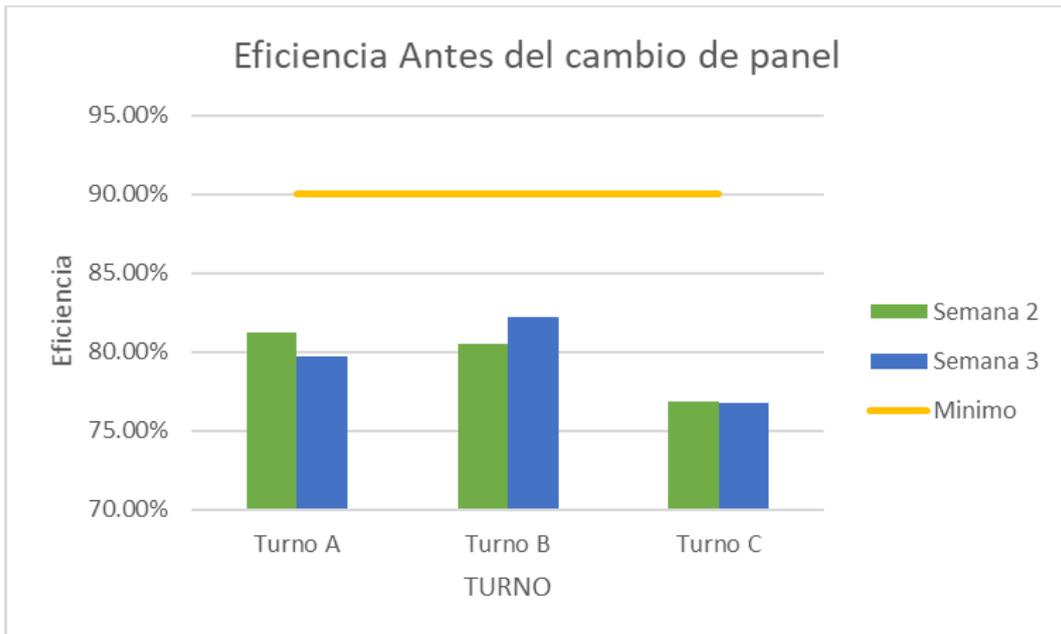


Tabla 3: MTTR Antes del cambio de panel

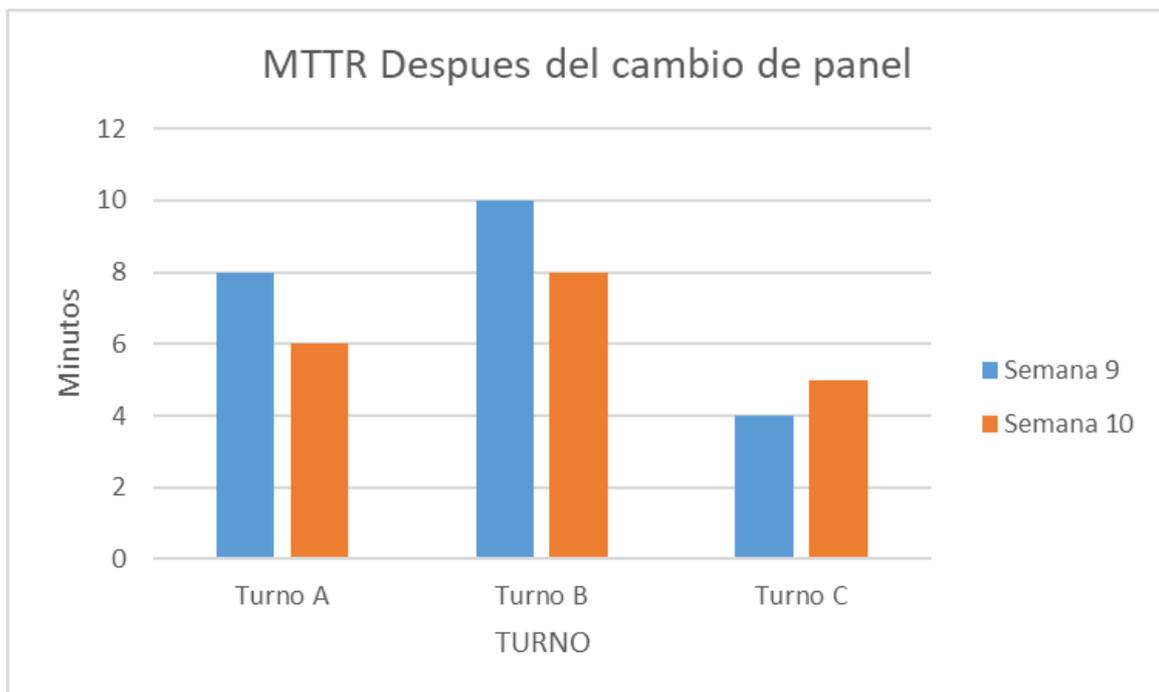
Según los datos de eficiencia de mantenimiento antes de instalar el nuevo panel de control la tabla sería la siguiente:



**Tabla 4: Eficiencia antes del cambio de panel**

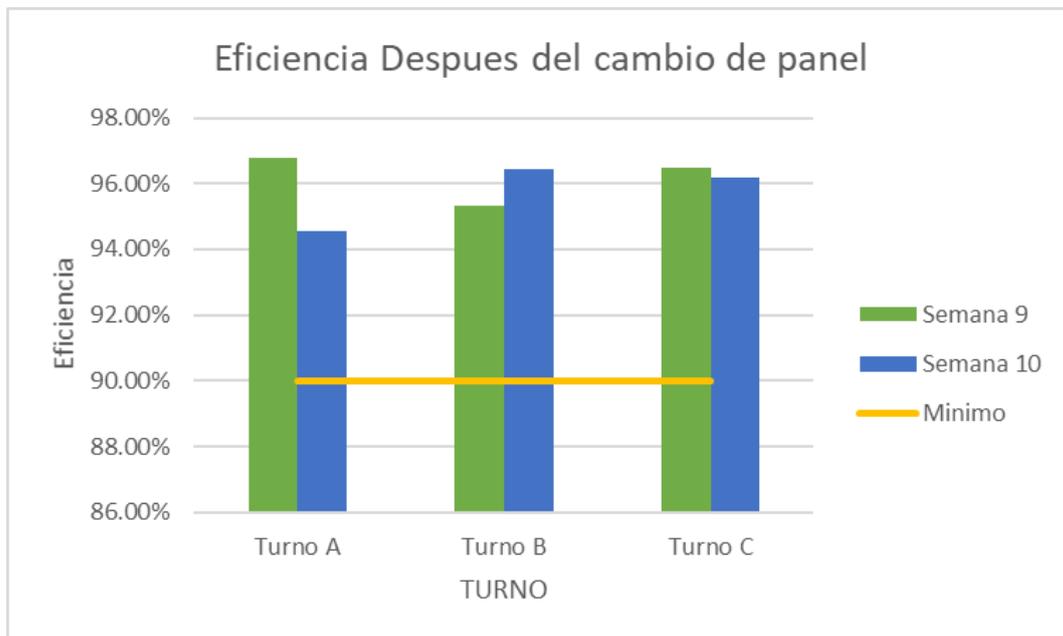
#### 5.1.2 POST-CAMBIO DE PANEL

Después de realizar el cambio de panel se obtuvieron datos de la semana 9 y semana 10 del proyecto de graduación. Según los últimos datos de MTTR de mantenimiento antes de instalar el nuevo panel de control la tabla sería la siguiente:



**Tabla 5: MTTR después del cambio de panel**

Según los datos de eficiencia de mantenimiento antes de instalar el nuevo panel de control la tabla sería la siguiente:



**Tabla 6: Eficiencia después del cambio de panel**

## 1.2 ANALISIS DE TOMA DE DATOS

Luego de obtener los datos de MTTR y eficiencia del panel de mando de válvulas de la llenadora de botellas de la línea 80. Se pudo observar que el panel no cumplía con el mínimo porcentaje de eficiencia establecido por la empresa. También el indicador del tiempo que afecta la producción total de la línea y al reducir el MTTR del panel de mando de válvulas podemos mejorar no solo la eficiencia del panel si no la eficiencia total de la línea de producción.

Antes del cambio de panel de mando de válvulas el MTTR promedio del panel de válvulas era de 10.33 minutos y la eficiencia del panel en porcentaje promedio era de 79.54%; estos datos demuestran que el panel afecta directamente la producción de la línea debido a que no cumplen los indicadores mínimos de máquina en línea.

Una semana después de la puesta en marcha del nuevo panel KSF-5 se procedió a hacer una toma de datos para comparar los indicadores de MTTR y eficiencia con respecto a las mediciones antes del cambio, según las gráficas mostradas anteriormente observamos una mejora en el MTTR bajando desde 10.33 minutos hasta un 6.83 minutos de paro por fallas y con respecto a la eficiencia se obtuvo una mejora de gran impacto

para la línea de producción mejorando de un 79.54% hasta un 95.97%; este dato es de gran beneficio para la empresa ya que se cumple la eficiencia mínima establecida por la misma.

### 1.3 PANEL DE CONTROL

Para el diseño del armario de control, se utilizó un armario metálico de acero inoxidable. Se colocó un transformador de 120v a 24v.



**Ilustración 16: Transformador de 120v a 24v**

Fuente: Krones

Se colocó un switch de seguridad de 35a y un guarda motor para la protección del equipo y dispositivos electrónicos dentro del panel

El PLC que se utilizó fue el que estaba ya instalado en el panel anterior fue el CPU 317-2 PN/DP. Módulo central con memoria de trabajo de 1 MB, 1.<sup>a</sup> interfaz MPI/DP 12 Mbits/s, 2.<sup>a</sup> interfaz Ethernet PROFINET, con switch de 2 puertos



**Ilustración 17: CPU 317-2 PN/DP**

Se instaló una fuente de poder por cada módulo As-i 3.0 profibus Gateway. Que alimentara a cada módulo de forma individual



**Ilustración 18: Fuente de poder Krones**

Fuente: Krones

Para la transmisión de señales se utilizaron 5 As-i 3.0 PROFIBUS Gateway. El cual trabaja con los protocolos As-i y profibus.



**Ilustración 19: CPU 317-2 PN/DP**



### 1.5 RESULTADOS FINALES

Como se mencionó anteriormente, el problema con la línea de producción era que había muchos paros por fallas mecánicas o eléctricas y su obsolescencia, muchas veces del panel de mando de válvulas. Con la instalación del nuevo panel:

- Se logró reducir los tiempos de paro por fallas mecánicas o eléctricas.
- Los repuestos para el panel serán más baratos debido a que es un panel más reciente, el proveedor sigue fabricando este modelo, a diferencia de lo que pasaba con el panel anterior que el proveedor ya lo había retirado del mercado,

## **VI. CONCLUSIONES**

“Las conclusiones no pueden ser una recopilación de los resultados, sino el resultado de su análisis. Se pueden hacer conclusiones por capítulos y conclusiones generales ajustando cada una a su contexto, en correspondencia con los objetivos propuestos

y la hipótesis elaborada, dejando clara la respuesta del problema planteado y confirmar que la metodología utilizada fue la correcta.”(Hernández León & Coello González, 2006)

- Se logró hacer la adaptación de forma correcta de un modelo de panel KSF-5 del año 2015 a una máquina del año 2001, utilizando todos los sensores, actuadores y dispositivos electrónicos que la máquina tenía previamente
- Se unificó el sistema de control para toda la llenadora, previamente tenía el control dividido en una pantalla táctil y botones físicos, el nuevo control está centralizado en una pantalla más moderna y con una interfaz que facilita la operación de la máquina para el usuario
- Se lograron reducir los tiempos de paros por fallas eléctricas o mecánicas con el cambio del panel de control de válvulas, se redujeron los problemas de llenado de botellas en todas las presentaciones

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **7.1 PARA LA EMPRESA**

- Llevar a cabo los mantenimientos correctivos, preventivos, predictivos que son recomendados por el proveedor de las máquinas. El no hacerlo lleva al final a grandes fallos en las máquinas ya que se acorta la vida útil de la máquina y afecta su funcionamiento.
- Mejorar el stock de repuestos para la maquinaria, ya que a veces se necesita reparar las máquinas y los repuestos no se encuentran en bodega

## 7.2 PARA LA UNIVERSIDAD

- Incluir en el pensum de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica una clase más sobre Control Lógico Programable (PLC) para que los alumnos puedan expandir más su conocimiento sobre los versátiles usos y aplicaciones que tiene el PLC en la industria.
- Facilitarles a los alumnos cursos o información sobre cursos afines con la carrera en organizaciones o entes externos para que el conocimiento que obtengan en las clases de la universidad se pueda complementar con la información que existe fuera de la misma. Además, ayudaría al alumno a expandir el currículo y adquirir mayor competitividad en su vida profesión.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

Carrasco, T. (2010). Eficiencia en la producción.

CCM. (2018). *Protocolos de comunicación*.

Garibay, G., & Quintero, R. (2004). *Biotecnología\_Alimentaria-Libro.pdf* (Quinta).

México: Limusa. Recuperado a partir de  
[http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biotecnologia\\_Alimentaria-Libro.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/tvolke/Biotecnologia_Alimentaria-Libro.pdf)

Gonzales, J. (2002). LA VERDAD SOBRE EFICIENCIA, EFICACIA Y EFECTIVIDAD - Monografias.com. Recuperado 6 de abril de 2018, a partir de <http://www.monografias.com/trabajos11/veref/veref.shtml>

Hernández León, R. A., & Coello González, S. (2006). *El proceso de investigación científica*. Madrid, SPAIN: Editorial Universitaria. Recuperado a partir de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/bvunitecvirtualsp/detail.action?docID=3192826>

IDEA, F. (2013). *El agua en la industria* (Segunda). Chile: Aguila.

Jose, E. (2016). *Programacion en escalera basica* (Vol. I). España: Vascos.

Krones. (2014). *Catálogo de ventas Krones*. Alemania.

Malpud, I. (2017). Aplicar componentes Sistemas Hidroneumáticos. Recuperado 6 de abril de 2018, a partir de <https://www.coursehero.com/file/29805030/Trabajo-Colaborativo-Fase-2-Aplicar-componentes-Sistemas-Hidroneum%C3%A1ticospdf/>

Marisela Dzul Escamilla. (s. f.). *Los Enfoques en la Investigación Científica*. Hidalgo, México. Recuperado a partir de [https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI\\_Presentaciones/licenciatura\\_en\\_mercadotecnia/fundamentos\\_de\\_metodologia\\_investigacion/PRES39.pdf](https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES39.pdf)

Mathis, F. (2004). Tendencias del envasado de bebidas. Recuperado 23 de marzo de 2018, a partir de <http://www.packaging.enfasis.com/articulos/14194-tendencias-del-ensado-bebidas>

Proymec, S. (2014). *Sistemas de control*. España.

Rodriguez, E. (2013). *Elementos de automatización*. Chile: Ventura.

Rodriguez, O. (2006). *El mundo de los envases*. Brasil: Manaos.

Susana Jiménez. (2008). 5.1 Métodos de Producción. Recuperado 23 de marzo de 2018, a partir de <http://empresaygestionbi.weebly.com/51-meacutetodos-de-produccioacuten.html>

Torres, G. (2010). Tiempo Medio Entre Fallas y Tiempo Medio Para Reparar. Recuperado 6 de abril de 2018, a partir de <https://es.scribd.com/document/354072427/Tiempo-Medio-Entre-Fallas-y-Tiempo-Medio-Para-Reparar>

Villajulca, R. (2009). *Comunicación Industrial*.

Ward, C. (2002). *Éxitos en la industria de las bebidas*.

www.geocities.com. (2004). Metodologías, Enfoques y Técnicas para Planear y Administrar Proyectos. Recuperado a partir de [https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiQus\\_Nv93XAhUp\\_4MKHaMYCnQQFggxMAI&url=ftp%3A%2F%2Fftp.unicauca.edu.co%2FDocumentos\\_Publicos%2F.backup\\_20062011%2FVicerectoria\\_de\\_Cultura%2Fconvocatoriagruposyproyectos%2Fmetodologiasenfoquestecnicasmexico.doc&usg=AOvVaw0NR8UUCTLccrEV3UxsO8s\\_](https://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiQus_Nv93XAhUp_4MKHaMYCnQQFggxMAI&url=ftp%3A%2F%2Fftp.unicauca.edu.co%2FDocumentos_Publicos%2F.backup_20062011%2FVicerectoria_de_Cultura%2Fconvocatoriagruposyproyectos%2Fmetodologiasenfoquestecnicasmexico.doc&usg=AOvVaw0NR8UUCTLccrEV3UxsO8s_)

Zambrano, K. (2004). *Planificación y control de la producción Pública*.

Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo*, 19(1), 25.  
<https://doi.org/10.21503/cyd.v19i1.1219>