



unitec®
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES®

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO FASE II

INGENIERO DE MANTENIMIENTO EN SISTEMA PARA ENVASADO DE CERVEZA:

CERVECERÍA HONDUREÑA

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO EN MECATRÓNICA

PRESENTADO POR:

11511071 ALISON ANNETH ROSSELL FUNEZ

ASESOR: ING. RIGOBERTO CASTRO CASTRO

SUPERVISOR: ING. WILFREDO CABRERA

CAMPUS TEGUCIGALPA; JULIO 2020

DEDICATORIA

El proyecto que se presenta a continuación se lo dedico a Dios, por permitirme culminar este paso de mi formación profesional. Por guiarme y darme la sabiduría necesaria ante toda situación presentada.

De manera especial, dedico este proyecto a mis padres Wilmer Rossell y Marilen Funez que dieron todo su esfuerzo por darme la mejor educación posible y que me animan cada día a ser una mejor persona. También dedico este proyecto a mis hermanas Kimberly Rossell y Jennifer Rossell, y a Arnold Flores, quienes en todo momento estuvieron presentes y me dieron su apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis amigos y colegas de ingeniería, quienes han estado presente apoyándome y guiándome en todo este camino.

Agradezco a todos los docentes e ingenieros de UNITEC que me brindaron sus conocimientos a lo largo de toda la carrera, en especial al Ingeniero Rene León que me apoyo siempre como jefe académico y al ingeniero Daniel Ramos que constantemente me exhorto a hacer el trabajo de la mejor manera posible.

Por último, pero no menos importante quiero agradecer al Ingeniero Wilfredo Cabrera, que me brindó su apoyo desde el inicio hasta el final de la práctica y a los demás ingenieros y técnicos de la Cervecería Hondureña que me apoyaron permitiéndome trabajar junto a ellos transmitiéndome todo su conocimiento, dándome la oportunidad de querer ser un mejor profesional y apasionarme más por la ingeniería.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe resume las actividades realizadas durante la práctica profesional correspondiente a la carrera de Ingeniería en Mecatrónica ejecutada durante el período de enero a marzo del 2020 en la empresa Cervecería Hondureña, empresa dedicada a la elaboración de refrescos y cervezas ubicada en la ciudad de San Pedro Sula, Honduras. Esta empresa posee dos plantas de producción, una de refrescos y una de cervezas. La planta de refrescos cuenta con siete líneas de envasado mientras que la planta de cerveza cuenta con tres.

La práctica profesional fue realizada en la planta de cervezas dentro del departamento de mantenimiento de sistemas de envasado, que tiene como objetivo sustentar las demandas de servicios que requieren los equipos de las líneas de envasado para un mejor desempeño y calidad. Este departamento se encarga de asignar trabajos de inspección, los cuales están divididos en maquinaria en marcha y maquinaria parada, con el fin de obtener información que ayude a desarrollar planes de mantenimiento en los que se clasifican los trabajos en predictivos, preventivos y correctivos, con el objetivo de poder dar prioridad y ocupar con mejores resultados todos los recursos como mano de obra de los técnicos y operarios, tiempo, herramientas, etc.

La integración como practicante complementó el conocimiento académico obtenido en toda la carrera mediante su aplicación en actividades técnicas, ya que siendo una planta que trabaja las 24 horas todos los días de la semana, se realizan muchos trabajos electromecánicos que brindaron la oportunidad de participación a lo largo de toda la práctica. Adicionalmente se adquirió conocimiento en el área de planeación y elaboración de planes de mantenimiento.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Lista de siglas.....	1
Glosario.....	2
I. Introducción.....	3
II. Generalidades de la empresa.....	4
2.1 Descripción de la empresa.....	4
2.2 Descripción del departamento.....	4
2.3 Objetivos del puesto.....	5
2.3.1 Objetivo General.....	5
2.3.2 Objetivos específicos.....	5
III. Marco teórico.....	6
3.1 Mantenimiento Industrial.....	6
3.1.1 Objetivos del mantenimiento industrial.....	7
3.1.2 Tipos de mantenimiento.....	9
3.2 Proceso cervecero.....	10
3.3 Proceso de envasado.....	13
3.3.1 Lavado de botellas.....	14
3.3.2 Inspección de botellas vacías.....	17
3.3.3 Llenadora y coronadora.....	18
3.3.4 Pasteurizado.....	20
3.3.5 Etiquetado y codificado.....	21
IV. Desarrollo.....	22
4.1 Manejo de SAP.....	22
4.1.1 Descripción de tarea.....	22
4.1.2 Tareas.....	22
4.2 Mantenimientos preventivos.....	22

4.2.1	Descripción de tarea.....	22
4.2.2	Tareas.....	22
4.3	Mantenimientos predictivos.....	28
4.3.1	Descripción de tarea.....	28
4.3.2	Tareas.....	28
4.4	Calibración de sensores de medición	30
4.4.1	Descripción de tarea.....	30
4.4.2	Tareas.....	30
4.5	Mantenimientos correctivos.....	32
4.5.1	Descripción de tarea.....	32
4.5.2	Tareas.....	32
4.6	Proyectos de mejora.....	37
4.6.1	Descripción de tarea.....	37
4.6.2	Tareas.....	37
4.7	Cronograma de actividades.....	42
V.	Conclusiones.....	43
VI.	Recomendaciones.....	44
	Bibliografía.....	45

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 . Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial...	7
Ilustración 2 . Proceso industrial de la cerveza	12
Ilustración 3 . Diagrama de flujo de proceso de envasado CHSA	13
Ilustración 4. Lavadora de botellas industrial	15
Ilustración 5. Sistema de carga y descarga de botellas en la lavadora.....	16
Ilustración 6. Proceso de enjuages de botella.....	16
Ilustración 7. Recorrido de lavadora de botellas.....	17
Ilustración 8. Inspector de botellas vacías	18
Ilustración 9. Proceso de llenado de botellas.....	19
Ilustración 10. Llenadora de botellas rotatoria	19
Ilustración 11. Coronador de botellas	20
Ilustración 12. Pasteurizador túnel	21
Ilustración 13. Inspección de fotoceldas	23
Ilustración 14. Limpieza de codificadores.....	24
Ilustración 15. Inspección de paneles eléctricos	25
Ilustración 16. Revisión de cámaras y servomotores de los ASEBI.....	27
Ilustración 17. Inspección de partes mecánicas de los transportes de botella	28
Ilustración 18. Revisión de falso rechazo de botella en ASEBI.....	29
Ilustración 19. Pruebas de secuencia de encendido de UPS	29
Ilustración 20. Calibración de presostatos.....	31
Ilustración 21. Calibración de sensores de temperatura	31
Ilustración 22. Calibración de sensores de nivel.....	32
Ilustración 23. Cable con mucha corrosión	33
Ilustración 24. Cambio de relé en maquina etiquetadora	34

Ilustración 25. Revisión de válvulas de la llenadora.....	35
Ilustración 26. Reparación de etiquetadora.....	36
Ilustración 27. Reparación de rechazador de botella.....	37
Ilustración 28. Programación y pruebas de controlador de temperatura.....	39
Ilustración 29. Instalación de controlador de temperatura.....	40
Ilustración 30. Instalación de alarma de CO2.....	41
Ilustración 31. Diagrama de Gantt de actividades realizadas.....	42

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 . Disponibilidad Operacional.....8

Ecuación 2 . Fiabilidad Operacional8

LISTA DE SIGLAS

RCM	Reliability Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad)
GMAC	Gestión del Mantenimiento Asistido por Computadora
TPM	Total productive maintenance (Mantenimiento Productivo Total)
ASEBI	All Surface Empty Bottle Inspector (Equipos de inspección de botella vacía)
UPS	Uninterruptible Power Supply (Sistemas de alimentación ininterrumpida)

GLOSARIO

RCM: por sus siglas en inglés significa Mantenimiento centrado en la confiabilidad y es un estilo de gestión de mantenimiento, se basa en el estudio de los equipos, en análisis de los modos de fallo y en la aplicación de técnicas estadísticas y tecnología de detección (García, 2012).

Malteado: es el proceso inicial, de unos ocho días de duración, mediante el cual, en el grano de un cereal, se transforma el almidón insoluble a azúcares y demás sustancias fermentables (Sabeer, 2020).

Maceración: proceso en el cual se mantiene sumergida alguna sustancia sólida en un líquido a la temperatura ambiente, con el fin de ablandarla o de extraer de ella las partes solubles (ASALE & RAE, 2020).

Mosto: líquido que se obtiene previo a la fermentación de una cerveza. Contiene azúcares de las distintas maltas, el lúpulo y otros añadidos durante la cocción. Se denomina mosto debido a su sabor dulce y a su falta de alcohol (¿Qué es el Mosto?, 2017).

I. INTRODUCCIÓN

Como miembros de AB InBev, el mayor conglomerado de bebidas en el mundo, Cervecería Hondureña cumple con altos estándares internacionales de seguridad industrial, calidad y medioambiente con el fin de llevar hasta el último rincón de nuestra patria una bebida social, nutritiva, refrescante y natural que ha estado y seguirá presente en los momentos más importantes de nuestras vidas. Cervecería Hondureña está presente en todo el país, con 16 centros de distribución, 82,000 detallistas, 2,250 proveedores y más de 3,000 colaboradores directos entregando orgullosamente sus marcas Imperial, Salva Vida, Port Royal y Barena.

Detrás de la calidad del producto entregado se encuentra un componente de la compañía muy importante, el departamento de mantenimientos industriales, este permite disponibilidad, confiabilidad y vida útil de la planta. Este es el departamento en el que como practicante se tendrá intervención.

Las Prácticas Profesionales constituyen un conjunto de actividades orientadas a la formación del perfil profesional del estudiante con el fin de aplicar los conocimientos recibidos en clases y adquirir experiencia laboral. Este trabajo presenta la información y describe las actividades realizadas durante la práctica profesional llevada a cabo en la empresa Cervecería Hondureña durante el periodo comprendido desde el 13 de enero hasta el 27 de marzo de 2020.

En el siguiente documento se describen las tareas más generales asignadas en el área de trabajo que consistían en la realización de ordenes de trabajos preventivos en las líneas de envasado, como ser la revisión, limpieza y reemplazo de componentes, revisión del estado de los cables de los sensores, inspección de paneles eléctricos y realización de ordenes correctivas como ser refacciones menores y mayores y cambio de componentes en mal estado.

II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Como miembros de AB InBev, el mayor conglomerado de bebidas en el mundo, Cervecería Hondureña produce las mejores cervezas en un entorno natural saludable que garantice la sostenibilidad del planeta, comunidades prósperas y un negocio que perdure por los próximos 100 años y más. Cervecería Hondureña está presente en todo el país, con 16 centros de distribución, 82,000 detallistas, 2,250 proveedores y más de 3,000 colaboradores directos. Cervecería Hondureña es un pilar de la economía hondureña. Sus operaciones representan más del 3% del Producto Interno Bruto nacional y alrededor del 18% del PIB manufacturero del país. (Cervecería Hondureña—Nosotros, 2019)

Como miembros de AB InBev, cumplen cuatro metas de sostenibilidad que hoy por hoy rigen la naturaleza del negocio: Gestión del agua, empaque circular, acción climática y agricultura inteligente.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL DEPARTAMENTO

El Departamento de Mantenimiento de envasado de cerveza tiene como objetivo sustentar las demandas de servicios que requieren los equipos de las líneas de envasado para un mejor desempeño y calidad. Está compuesto por un gerente de mantenimiento el cual delega el trabajo a supervisores del área eléctrica y área mecánica.

Se clasifican los trabajos de mantenimiento en trabajos predictivos, preventivos y correctivos, con el objetivo de poder dar prioridad y ocupar con mejores resultados todos los recursos como mano de obra de los técnicos y operarios, tiempo, herramientas, etc. Este departamento se encarga de realizar planes de mantenimiento para cada línea, asignando trabajos de inspección, los cuales están divididos en maquinaria en marcha y maquinaria parada, con el fin de obtener información útil acerca del estado de las piezas o de los equipos en conjunto.

2.3 OBJETIVOS DEL PUESTO

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

Complementar la formación académica con la experiencia de trabajo, a través de la Práctica Profesional, apoyando en las actividades de planeación y dando seguimiento a las actividades electromecánicas en el departamento de mantenimiento de envasado de la empresa Cervecería Hondureña.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Dar seguimiento a las actividades de planeación del departamento de mantenimiento.
2. Adquirir destreza en el manejo de materiales y equipos de la empresa.
3. Apoyar en actividades electromecánicas de mantenimiento.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El mantenimiento se define como un conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso del crecimiento de la industria la función de mantenimiento ha pasado por diferentes etapas. Al inicio de la revolución industrial, los operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos que utilizaban. Fue cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas que se crearon los primeros departamentos de mantenimiento, para realizar los trabajos que los operarios no estaban capacitados de ejecutar. Las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en las máquinas.

Se fueron desarrollando nuevos métodos de trabajo que hacen avanzar las técnicas de mantenimiento en varias vertientes:

- En la robustez del diseño, a prueba de fallos y que disminuya las obras de mantenimiento.
- En el mantenimiento por condición, como alternativa al mantenimiento sistemático. En este momento se crea el mantenimiento predictivo.
- En el análisis de fallos, tanto los que han ocurrido como los que tienen una probabilidad de ocurrir. Se desarrolla el Mantenimiento basado en Fiabilidad o RCM.
- En el uso de la informática para el manejo de todos los datos que se operan como los órdenes de trabajo, gestión de las actividades preventivas, gestión de materiales, control de costes, etc. Aparece el concepto de GMAC o Gestión del Mantenimiento Asistido por Computadora.
- En la implicación de toda la organización en el mantenimiento de las instalaciones se crea el concepto de TPM o Mantenimiento Productivo Total, en el que algunas de las tareas normalmente realizadas por el personal de mantenimiento son ahora realizadas por los

operarios de producción. Esas labores son trabajos básicos de limpieza, lubricación, ajustes, reaprietes de tornillos y reparaciones pequeñas.

3.1.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El objetivo fundamental de mantenimiento no es la reparación urgente de los fallos que surjan, el departamento de mantenimiento de una industrial tiene cuatro objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo:



Ilustración 1 . Objetivos del departamento de mantenimiento en una instalación industrial.

Fuente: (García, 2012)

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad:

La disponibilidad de una instalación es la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir, independientemente de que finalmente lo haya logrado o no por razones ajenas a su estado técnico.

El objetivo más importante de mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año, conseguir la disponibilidad establecida a un costo determinado.

La fórmula de cálculo de la disponibilidad funciona para calificar si el departamento de mantenimiento de cualquier instalación industrial está realizando su trabajo correctamente o es necesario introducir algún tipo de mejora y se calcula de la siguiente manera:

$$Do = \frac{MUT}{MUT + MTTR}$$

Donde:

MUT: es Tiempo Promedio en Operación (Mean Up Time).

MTTR: es el Tiempo Promedio para Reparar (Mean Time To Repair).

Ecuación 1 . Disponibilidad Operacional

Fuente: (Calculo de disponibilidad y confiabilidad, 2019)

- Cumplir un valor determinado de fiabilidad:

La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción. El incumplimiento de este plan puede llegar a penalizaciones económicas, por lo tanto, es importante medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación. Para calcular la fiabilidad se utiliza la siguiente formula:

$$Fo = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

Donde:

MTBF: Es el Tiempo promedio entre Fallas (Mean Time Between Failures).

MTTR: Es el Tiempo Promedio para Reparar (Mean Time To Repair).

Ecuación 2 . Fiabilidad Operacional

Fuente: (Cálculo de disponibilidad y confiabilidad, 2019)

Como puede verse, no se tiene en cuenta para el cálculo de este objetivo ni las horas dedicadas a mantenimiento preventivo programado que supongan parada de planta ni las dedicadas a mantenimiento correctivo programado. Para un cálculo correcto debe hacerse una clara distinción entre mantenimiento correctivo programado y no programado. Así, en muchas instalaciones industriales es habitual considerar que una avería detectada pero cuya reparación pueda posponerse 48 horas o más se considera mantenimiento correctivo programado, y por tanto no se utiliza para calcular la fiabilidad. Una intervención que suponga la parada inmediata de la planta o una parada en un plazo inferior a 48 horas se considera mantenimiento correctivo no programado, y, por tanto, su duración se tiene en cuenta a la hora de calcular la fiabilidad.

- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto:

Las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el coste de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. La esperanza de vida útil para una instalación industrial típica se sitúa habitualmente entre los 20 y los 30 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

Un mantenimiento mal gestionado, con una baja proporción de horas dedicadas a tareas preventivas, con bajo presupuesto, con falta de medios y de personal y basado en reparaciones provisionales provoca la degrading rápidamente cualquier instalación industrial.

- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado:

Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe conseguir los objetivos marcados ajustando sus costes a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. El presupuesto ha de ser calculado cuidadosamente, ya que un presupuesto inferior a lo que la instalación requiere empeora irremediablemente los resultados de producción y hace disminuir la vida útil de la instalación y un presupuesto superior del que se requiere empeora los resultados de la cuenta de explotación.

3.1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO

Existen cinco tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por las tareas que ejecutan y estos son:

- Mantenimiento Correctivo

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los operarios de los mismos.

- Mantenimiento Preventivo

Tiene como misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos débiles en momentos oportunos. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque la maquina no haya dado ningún problema.

- Mantenimiento Predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas como la temperatura, vibración, consumo de energía, etc. cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo.

- Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)

Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca alguna falla, o cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad, un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- Mantenimiento En Uso

Es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los operarios que consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, etc.) para las que no es necesario una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve.

(Sanzol, 2010)

3.2 PROCESO CERVECERO

Los ingredientes básicos en la elaboración de cerveza son: agua, cebada malteada, lúpulo y levadura (Los Cervecistas, 2019). Sus etapas de elaboración son las siguientes:

- Malteado

Durante el malteado, los granos de cebada atraviesan un proceso de germinación controlada con el fin de activar las enzimas presentes en el grano, que luego serán necesarias durante la maceración. Dependiendo del grado de tostado obtenido durante el malteo, se consiguen maltas más claras u oscuras, que aportarán el color de la cerveza.

- Molienda y maceración

Una vez molido el grano de cebada, se mezcla con agua para preparar el mosto cervecero. El agua es el ingrediente mayoritario representando entre el 85%-90% del contenido de la cerveza final. Para el proceso de macerado, la malta se mezcla con el agua a diferentes tiempos y temperaturas, produciendo las transformaciones necesarias para convertir el almidón en azúcares fermentables.

- Filtración de mosto

Tras la maceración, se separa el mosto líquido de los restos de malta. Para ello se filtra el mosto a través de un filtro prensa, para separar el líquido del sólido.

- Cocción

El mosto se lleva a ebullición con el objetivo de aportar amargor y aroma presentes en el lúpulo. Durante esta etapa se esteriliza el mosto, se coagulan proteínas y se evaporan aromas indeseables. Normalmente este proceso dura en torno a una hora o más, dependiendo del estilo de cerveza que se esté elaborando. Posteriormente el mosto final es sometido a una especie de centrifugado o whirlpool.

- Fermentación de la cerveza

En este momento se enfría y airea el mosto para luego sembrar la levadura. Durante la fermentación se transforman los azúcares fermentables en alcohol y CO₂, al tiempo que se generan una gran variedad de compuestos, los cuales contribuyen a darle los aromas característicos tan populares de la cerveza.

- Maduración

El líquido resultante requiere de un período de maduración, donde la cerveza es sometida a bajas temperaturas para que el sabor y los aromas logrados durante el proceso se estabilicen y se consiga el justo balance entre los diferentes matices.

- Envasado

Al terminar la maduración la cerveza es sometida a un proceso de filtración para separar pequeñas partículas de levadura y compuestos que aún se encuentran en suspensión. Una vez filtrada se obtiene la cerveza brillante, la cual se envasa en diferentes formatos para su consumo y en muchos casos se pasteuriza.

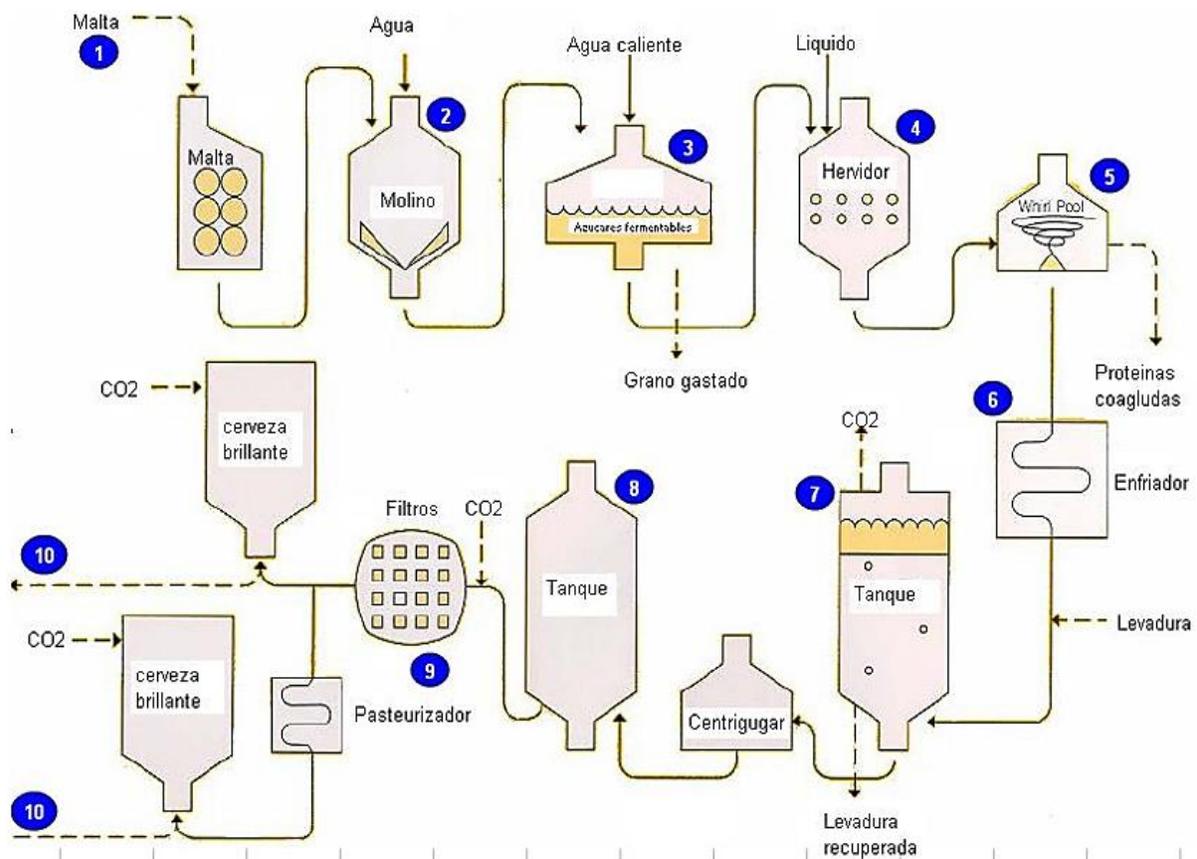


Ilustración 2 . Proceso industrial de la cerveza

Fuente: (Smith, 2019)

3.3 PROCESO DE ENVASADO

El siguiente diagrama de flujo que representa los pasos fundamentales que se llevan a cabo en un proceso de envasado de botellas retornables.

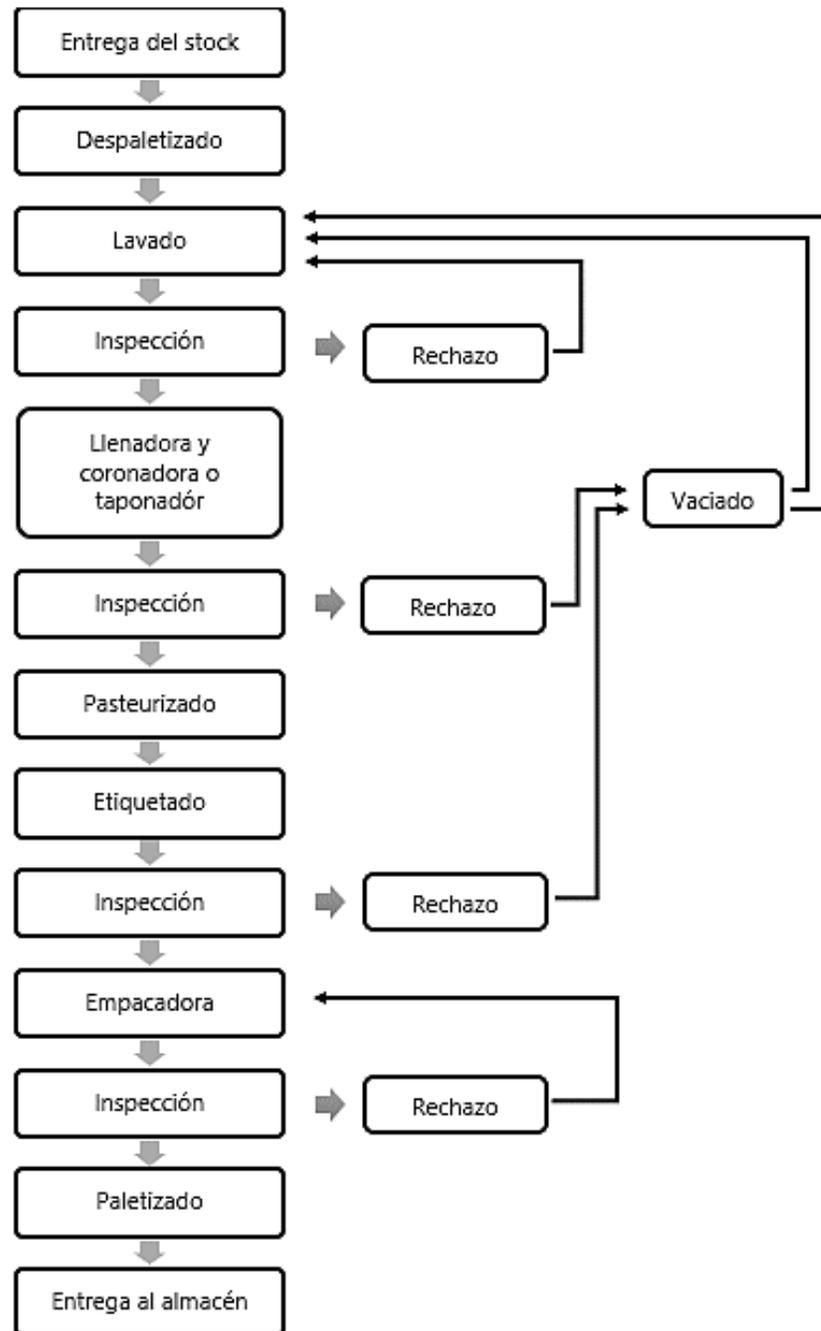


Ilustración 3 . Diagrama de flujo de proceso de envasado CHSA

Fuente: Elaborado por autor

3.3.1 LAVADO DE BOTELLAS

Las botellas de vidrio industriales constituyen uno de los tipos de envases de uso, más comunes en la industria alimentaria, siendo una característica propia de éstos recipientes el pequeño diámetro de la abertura o boca, lo que permite el envasado de productos líquidos.

Una de las ventajas que poseen las botellas de vidrio, es la mejor conservación del aroma del producto contenido, sobre todo en almacenamientos prolongados, ya que el vidrio es impermeable a los gases, vapores y líquidos.

Las partes principales de una botella de vidrio se muestran en la siguiente imagen:

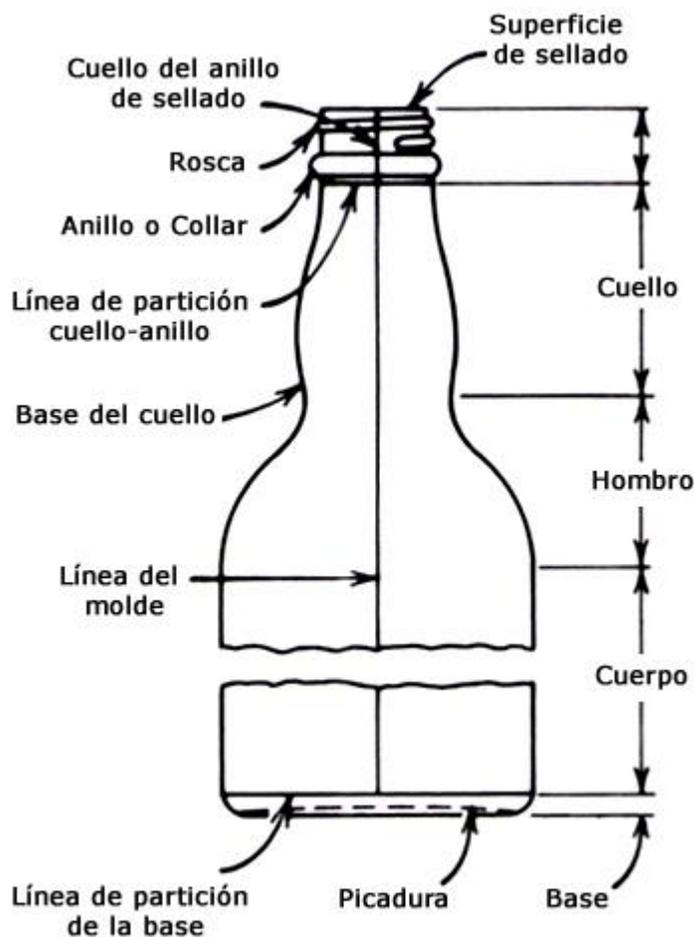


Ilustración 4. Partes principales de una botella de vidrio

Fuente: (Guía Técnica Ainia, 2019)

En la industria de las bebidas, las botellas de vidrio y de PET son muy utilizadas por ser un material higiénico que posee fácil limpieza y es esterilizable. Las fábricas de cerveza, los embotelladores de aguas minerales, o los fabricantes de refrescos, utilizan lavadoras de botellas para limpiar las botellas de vidrio.



Ilustración 5. Lavadora de botellas industrial

Fuente : (Bollfilter, 2019)

En general el proceso de lavado consiste en tres fases, inicia con el ingreso de la botella por un extremo de la lavadora a las canastas por las que harán el recorrido en la lavadora, las botellas se someten al primer proceso que es el prelavado, este consiste por una zona de prevaciado del líquido todavía presente en las botellas y por una zona de aspersión interna y externa de la botella. En esta zona se produce el precalentamiento de las botellas, aprovechando el calor residual del agua que llega de la zona de enjuague.

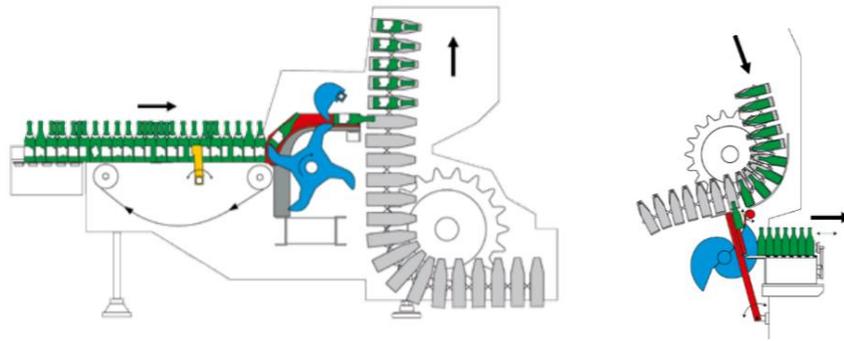


Ilustración 6. Sistema de carga y descarga de botellas en la lavadora

Fuente: (Oceano_es.pdf, 2019)

Luego entran al proceso de lavado en el cual se sumergen en soda caustica, que es un fuerte agente limpiador alcalino, el cual tiene altas propiedades germicidas y es componente principal en la mayoría de las soluciones de limpieza de botellas ya que ofrece mayor poder de limpieza para quitar hongos, el óxido en los cuellos de las botellas y mayor penetración sobre las superficies donde se aplicará el lavado. Debido a sus características proporciona excelentes propiedades de humectación, detergencia y dispersión, además ayuda a aumentar el poder de limpieza, penetración y dispersión de la solución cáustica. Posteriormente, pasa por zonas de aspersion interna y externa con agua de recirculación y por una aspersion con agua fresca. La reducción gradual de la temperatura y la remoción de la solución detergente se obtienen gracias al flujo del agua contrario al movimiento de las botellas. En el interior de las botellas se realizan enjuagues con agua fresca con la ayuda de boquillas de pulverización y enjuagues de agua fresca en el exterior de las botellas.

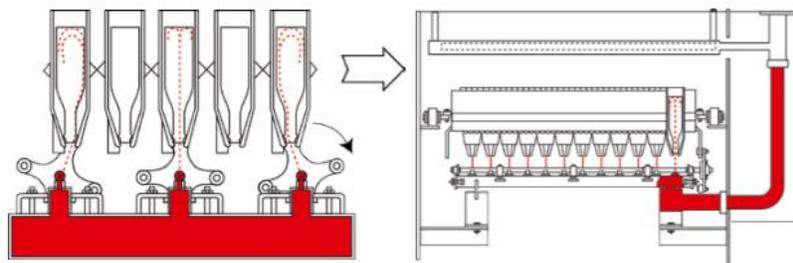


Ilustración 7. Proceso de enjuagues de botella

Fuente: (Oceano_es.pdf, 2019)

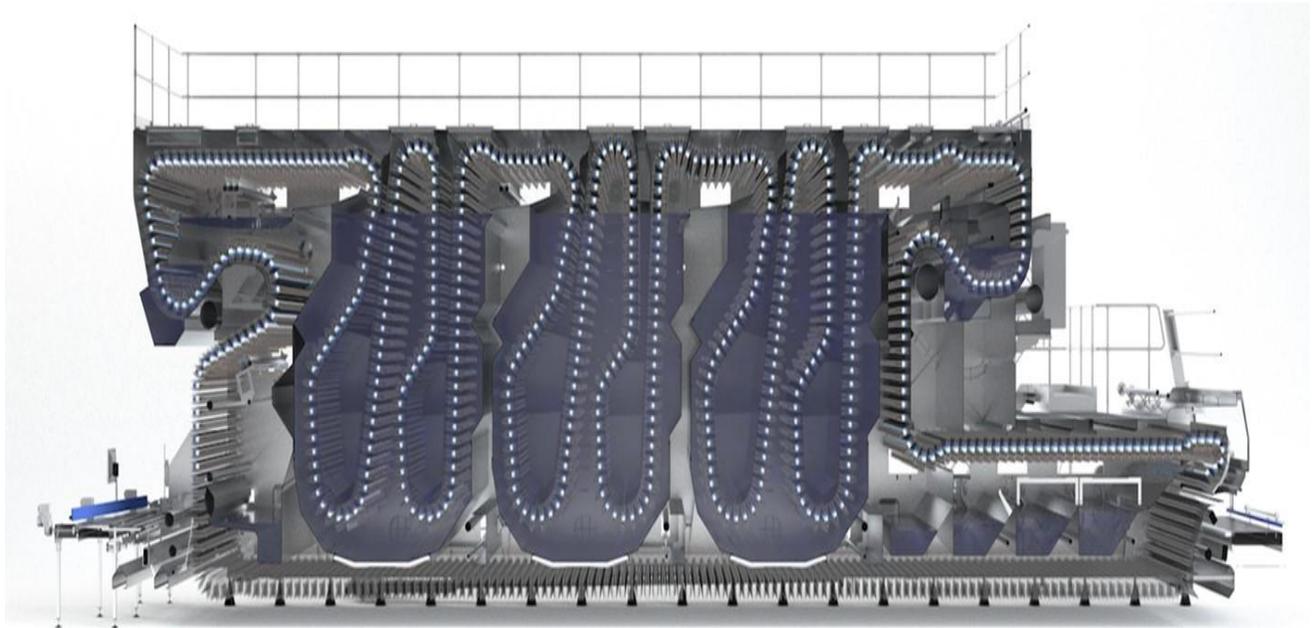


Ilustración 8. Recorrido de lavadora de botellas

Fuente : (Krones, 2020)

3.3.2 INSPECCIÓN DE BOTELLAS VACÍAS

El proceso de inspección de botella vacía se realiza para comprobar la integridad, limpieza y asegura la ausencia de cuerpos extraños y residuos líquidos en el interior de las botellas. Este se realiza por medio de un ASEBI de tipo lineal que es una máquina que utiliza una rueda estrella con vacío para sincronización y rechazo de botellas y expulsión de botellas defectuosas de la línea de producción, incluyendo además sus juegos mecánicos de guías. Para las inspecciones utiliza cámaras de estado sólido de alta resolución óptica de reflexión diseñada por computador y una sofisticada electrónica de procesamiento digital multimedia. Puede realizar inspecciones de color de botella, de base, pared interna, pared externa, boca y líquido residual con luz infrarroja (Inspector de Botella Vacía, 2020). Para cada tipo de envase que la empresa utilice se realiza un programa y se calibra dependiendo del color y tamaño de cada botella para mayor precisión. El ASEBI rechaza las botellas que contengan sucio, basuras, etiquetas o líquidos residuales y se mandan de nuevo a la lavadora, también rechaza botellas por rotura de boca y estas son desechadas.

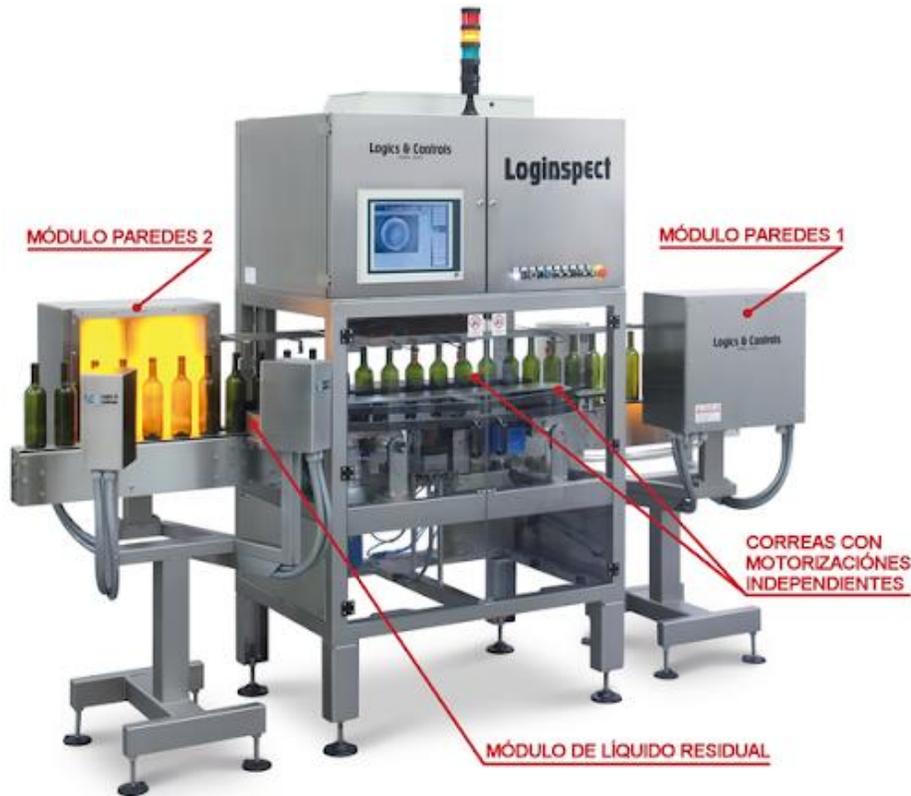


Ilustración 9. Inspector de botellas vacías

Fuente: (Logics & Controls | Loginspect, 2020)

3.3.3 LLENADORA Y CORONADORA

Las llenadoras de nivel rotatorias son las más utilizadas en grandes industrias, ya que se adapta a diversos formatos y tamaños de envases para llenarlos al mismo nivel. Generalmente se les implementa una bomba de vacío antes del llenado para extraer todo el aire de la botella y así preservar mejor el producto y una unidad taponadora al final del llenado para formar una máquina monobloque de alta eficiencia.

El llenado de las botellas se produce por medio de medidores de flujo electromagnéticos, que garantizan una elevada precisión de llenado y la máxima higiene del sistema.

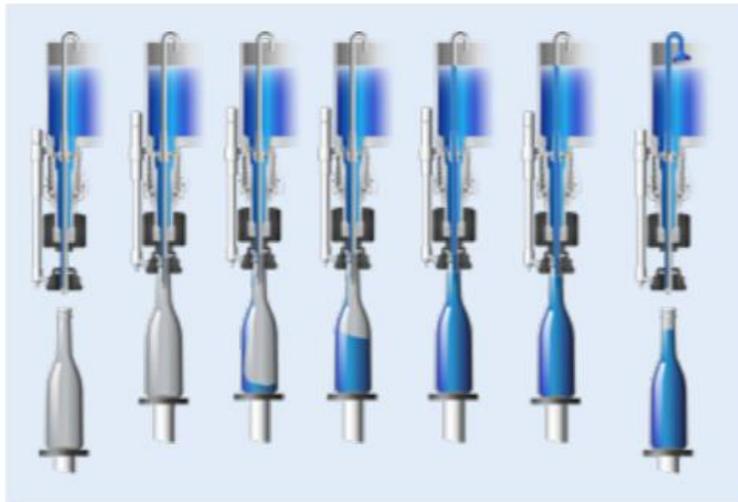


Ilustración 10. Proceso de llenado de botellas

Fuente : (JBT, 2017)

La fase de llenado es regulada a través de una bomba controlada por el PLC de la máquina dependiendo del programa seleccionado, para llevar a cabo las diferentes fases de llenado evitando el rebosado del producto y optimizando los tiempos de llenado para cada tamaño de botella.



Ilustración 11. Llenadora de botellas rotatoria

Fuente : (JBT, 2017)

El taponado puede ser enroscado o a presión; en ambos casos está prevista una tolva vibradora para conducir las tapas hacia un canal de descenso en el que es orientado de forma definida durante la introducción y posicionado con precisión en la placa de entrega mediante un imán,

luego pasa por una fase de esterilización de las tapas mediante rayos ultravioleta. La máquina de coronado a presión, que es la más utilizada para cervezas, posee una banda de cierre inclinada que permite el cierre gradual de las tapas, un sistema de centrado para el cuello de botella que garantiza que incluso las botellas que no tengan dimensiones exactas se cierren de forma segura.



Ilustración 12. Coronador de botellas

Fuente : (JBT, 2017)

Una vez llenadas las botellas se utiliza un dispositivo de control Checkmat que verifica al milímetro el nivel de llenado de los más diversos envases y comprueba detalladamente los tapones desde todos los lados. La unidad de control de nivel de llenado utiliza tecnología de alta frecuencia, infrarrojos, cámaras, así como con tecnología de rayos gamma y rayos X sistema de detección de tapones y de anillos de seguridad mediante tecnología de sensores y cámaras (Krones, 2020). Si una botella esta sobre llena o subllena es rechazada, así mismo si una corona no está bien colocada.

3.3.4 PASTEURIZADO

La pasteurización de cerveza es un aumento corto de la temperatura en las bebidas a una temperatura que causa la destrucción de las sustancias patógenas. Durante la pasteurización, las bebidas se esterilizan (Krones, 2020). Este proceso se realiza mediante un pasteurizador túnel que contiene en su interior tanques que alimentan de agua para las duchas superiores y en el exterior están posicionados todos los instrumentos de mando y de control tanto del ciclo mecánico como de la temperatura.

En el interior de la máquina los contenedores se apoyan sobre una cadena y, mediante un motorreductor externo, avanzan en las diferentes secciones donde encuentran las duchas superiores, de diferente temperatura, hasta llegar a la salida. La velocidad de avance de los contenedores puede ser regulada por un panel operador que permite cambiar la duración del ciclo.



Ilustración 13. Pasteurizador túnel

Fuente: (Pasteurizador Pama Swing, 2020)

3.3.5 ETIQUETADO Y CODIFICADO

El etiquetado de la botella depende de la presentación de la misma, algunas pueden tener solo etiqueta frontal, otras etiquetas en la parte frontal y parte posterior y otras en el hombro de la botella. Para cumplir estos estándares de presentación las etiquetadoras son equipadas con dos aplicadores para el etiquetado del cuerpo, y un tercero para la aplicación de la etiqueta sobre el hombro de la botella. Es muy crítico en la parte de calidad que las etiquetas vayan alineadas tanto la del hombro con la frontal, así como la posterior con la frontal.

Las etiquetas del cuerpo, en la parte frontal y posterior del producto, primero son aplicadas y luego adaptadas perfectamente a la superficie del producto por medio de cepillos. Este sistema también aplica la etiqueta sobre el hombro, para la cual se utiliza un dispositivo oscilatorio con servomotores que le dan la posición correcta a la botella.

IV. DESARROLLO

4.1 MANEJO DE SAP

4.1.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

Familiarizarse con el uso de la herramienta SAP.

4.1.2 TAREAS

Cervecería Hondureña utiliza el sistema SAP (Systems, Applications, Products in Data Processing) que es un sistema informático utilizado por empresas para administrar sus recursos humanos, financieros-contables, productivos, logísticos y más, para gestionar de una manera exitosa todas las fases de sus modelos de negocios.

Las herramientas ofrecidas por SAP facilitan todas las tareas administrativas del departamento de Mantenimiento, y crea un entorno integrado con otros departamentos que permite aumentar la eficiencia de los trabajos.

Las funciones más utilizadas que se aprendieron fueron la creación de ordenes correctivas, la creación de pedidos de repuestos y el uso de la base de datos de las líneas de producción y cada una de las maquinas que contiene.

4.2 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS

4.2.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

Asegurarse que los dispositivos asignados en las ordenes preventivas trabajen de manera correcta para que la línea funcione en condiciones óptimas de manera que alcance los objetivos de eficiencia de línea y eficiencia de máquina.

4.2.2 TAREAS

- Inspección y limpieza de fotoceldas

Las fotoceldas utilizadas en la planta son de tipo retroreflectivas, estas trabajan de manera en que la luz es reflejada por un reflector en la dirección del receptor. Los sensores retroreflectivos

requieren formas especiales de reflectores o cintas reflectoras. La presencia de un objeto provoca la difusión de la luz emitida y la señal de salida se ve así modificada.

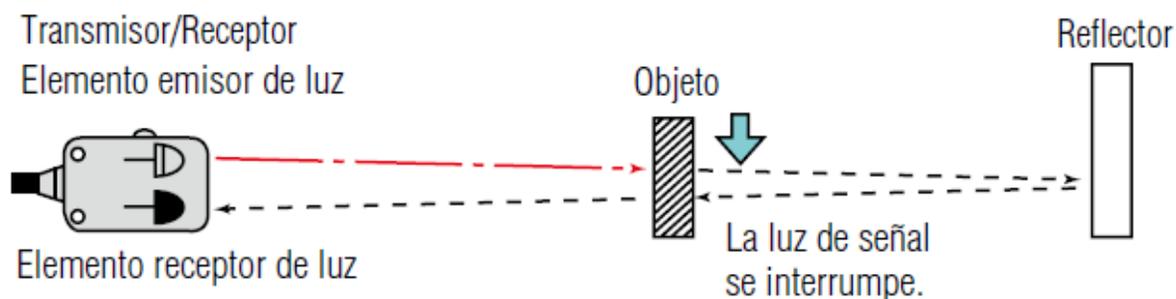


Ilustración 14. Funcionamiento de una fotocelda retroreflectiva

Fuente: (MCI Automation, 2011)

Se puede encontrar mas información técnica sobre esta fotocelda en el Anexo 1.

Esta tarea preventiva se realiza en todos los paros de línea por mantenimiento para asegurar que las fotoceldas estén funcionando de manera correcta y que estén libres de suciedad. También se revisan los cables para asegurarse que no tengan corrosión o algún defecto. Las fotoceldas que se revisan son las que se encuentran en la entrada y salida de la lavadora de botellas, las de los ASEBIs, las del chekmat y la etiquetadora.



Ilustración 15. Inspección de fotoceldas

Fuente: Elaborado por autor

- Limpieza de Codificadores de botella

Los codificadores utilizan una tinta pigmentada que debe ser mezclada con aditivos que permiten imprimir por chorro de tinta en superficies curvas y materiales como el vidrio, esta tinta puede formar grumos y estancar el codificador, la tarea a realizar es la limpieza del codificador y la ejecución del programa de mezclado de reserva de tinta que incluye la máquina.



Ilustración 16. Limpieza de codificadores

Fuente: Elaborado por autor

- Revisión de paneles eléctricos

Esta tarea consiste en la inspección de los paneles eléctricos para asegurar que todo el cableado correcto y en orden, además que no exista suciedad ni humedad dentro del panel y asegurarse que la ventiladora funcione correctamente. También se utilizan cámaras térmicas para revisar que no exista sobrecalentamiento en ningún elemento o cable.



Ilustración 17. Inspección de paneles eléctricos

Fuente: Elaborado por autor

- Revisión de servomotores y cámaras y calibración de programa en los ASEBI

Servomotores Futaba S3003:

El Servomotor Futaba S3003 es un excelente componente utilizado para el desarrollo de aplicaciones en el área de robótica, pueden ser manejados como motor de corriente continua para dar giro a una llanta o como torque para darle movimiento a una articulación del algún brazo manipulador, robot arácnido, hexápodo, etc.

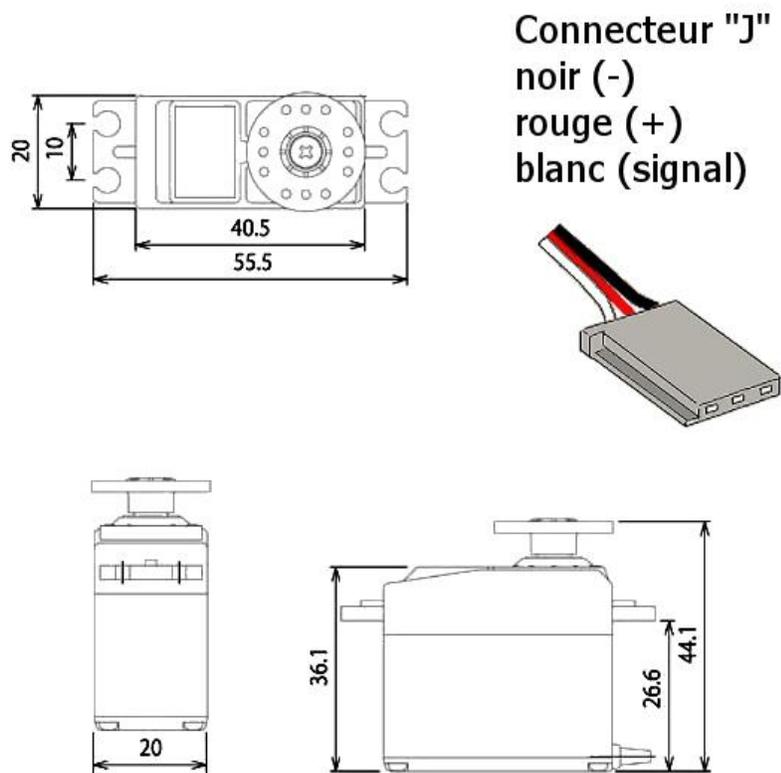


Ilustración 18. Dimensiones de un servomotor FUTABA S3003

Fuente: (Astra, 2020)

En el Anexo 2 y 3 se puede encontrar más información técnica sobre este elemento.

Como se mencionó en el marco teórico, los ASEBI funcionan con inspección mediante cámaras de precisión, que son controlada por servomotores, para asegurar que la imagen se esté tomando bien, los servomotores deben enfocar bien los lentes de las cámaras y el programa debe estar correctamente calibrado para cada tipo de botella, de esa manera se asegura que no haya un falso rechazo o que no se rechacen las botellas malas. Por lo tanto, se realizan mantenimientos preventivos en los servomotores para asegurar que funcionen correctamente. También se revisan las cámaras para cada tipo de inspección (pared interna, externa, fondo, boca)

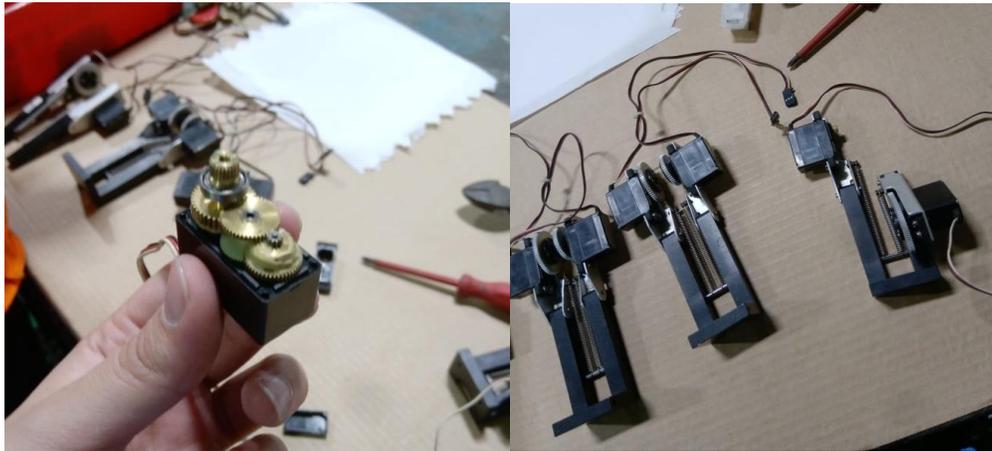


Ilustración 19. Revisión de cámaras y servomotores de los ASEBI

Fuente: Elaborado por autor

También se hacen inspecciones y si es necesario cambios en los filtros de detección de soda caustica de los ASEBI.

- Revisión de partes mecánicas de los transportes de botella

Esta tarea se ejecuta los días de mantenimiento preventivo en los transportes de botella que generan mas paros, se revisan las cadenas para asegurar que estén tensadas y que ninguna pieza esta doblada, que los sprockets estén centrados con la cadena y bien fijados en el eje, se engrasan las piezas que lo necesiten y se realizan cambios de piezas si son necesarias.



Ilustración 20. Inspección de partes mecánicas de los transportes de botella

Fuente: Elaborado por autor

4.3 MANTENIMIENTOS PREDICTIVOS

4.3.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

El mantenimiento predictivo son una serie de acciones realizadas para detectar posibles fallas y defectos de maquinaria para evitar que estos fallos se manifiesten durante la producción, evitando que ocasionen paros de emergencia.

4.3.2 TAREAS

- Pruebas de rechazo de los ASEBI

La calibración de los programas de inspección tiene muchas variables como el brillo y contraste de la imagen, el enfoque y centrado de la cámara y el umbral de intensidad, se realizan pruebas de rechazo para asegurar que todos los parámetros estén bien calibrados y no existan falso rechazos durante producción, evitando paros de línea y gastos de producción.



Ilustración 21. Revisión de falso rechazo de botella en ASEBI

Fuente: Elaborado por autor

- Pruebas de activado de UPS

Todas las máquinas cuentan con un Sistema de alimentación ininterrumpida de emergencia para las ocasiones en las que se corta la electricidad mientras se activan los generadores de emergencia. Lo que se realizan son pruebas de secuencia de encendido para asegurar que los UPS se enciendan correctamente cuando no llega flujo eléctrico a las máquinas.

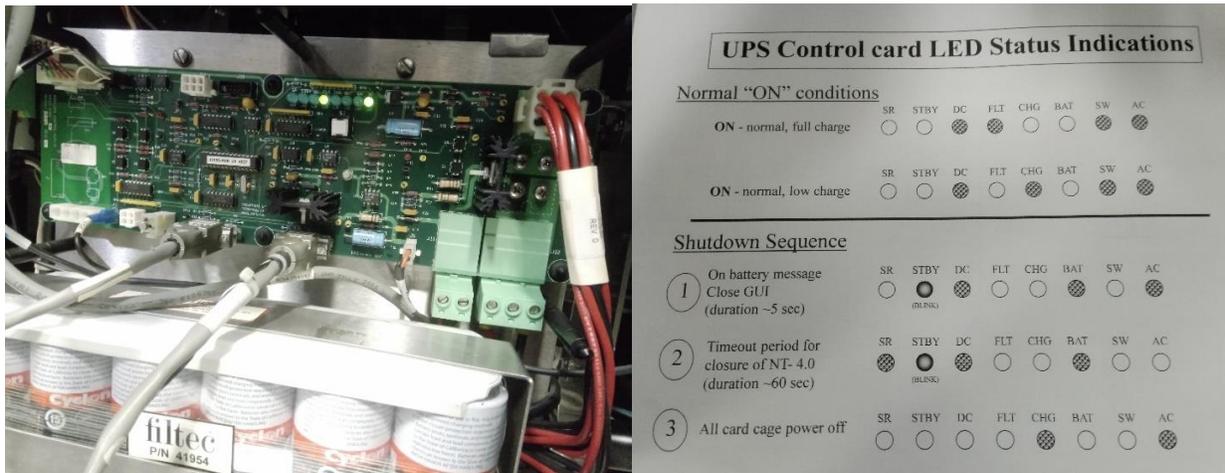


Ilustración 22. Pruebas de secuencia de encendido de UPS

Fuente: Elaborado por autor

4.4 CALIBRACIÓN DE SENSORES DE MEDICIÓN

4.4.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

Realizar la calibración del equipo de medición para asegurar una mayor precisión de los procedimientos elaborados.

4.4.2 TAREAS

Esta tarea consiste en la calibración de sensores de presión, temperatura y nivel de la lavadora de botellas, la llenadora y el pasteurizador túnel.

- Calibración de sensores de presión

Se realiza la calibración con los siguientes elementos:

Cámara de presurización:

1. Manómetro de presión tipo Bourdón
2. Tomas y adaptadores para conectar los transductores de presión a calibrar
3. Válvula de purga y ajuste

Grupo de presurización:

1. Bomba manual de desplazamiento volumétrico positivo tipo pistón
2. Válvula antirretorno
3. Válvula limitadora de presión (seguridad)

Unidad electrónica – Esta unidad está constituida por:

1. Fuente de alimentación
2. Tarjeta de acondicionamiento de la señal de salida
3. Voltímetro digital



Ilustración 23. Calibración de presostatos

Fuente: Elaborado por autor

- Calibración de sensores de temperatura

Se realiza utilizando una sonda de bloque seco en la que se ingresa una temperatura específica y se compara con la temperatura que indica la interfaz de la máquina.

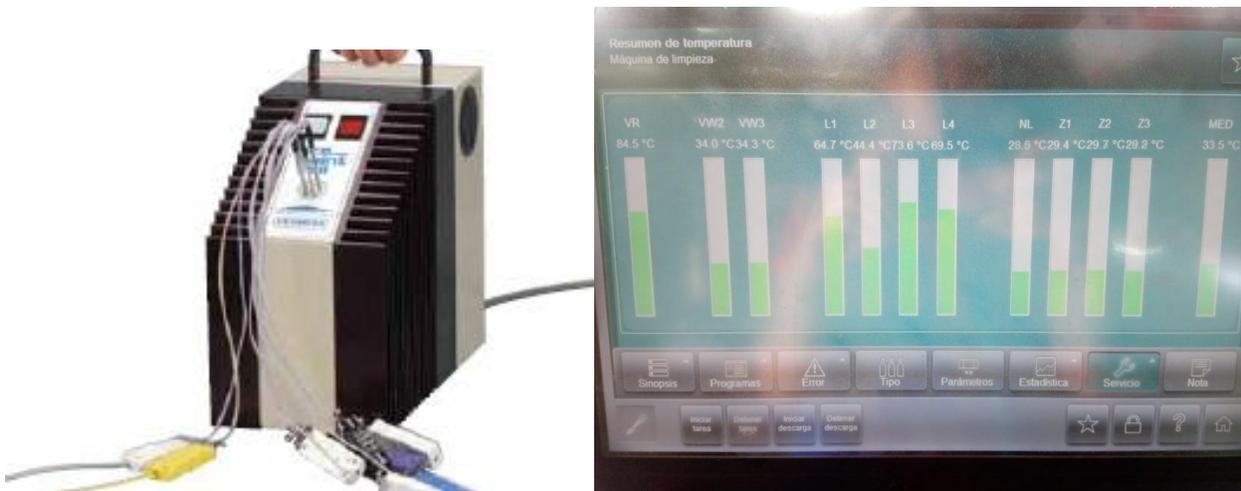


Ilustración 24. Calibración de sensores de temperatura

Fuente: Elaborado por autor

- Calibración de sensores de flujo y nivel

Este procedimiento es similar a la calibración de sensores de presión, ya que estos miden el nivel del agua por medio de la presión que contiene el tanque.



Ilustración 25. Calibración de sensores de nivel

Fuente: Elaborado por autor

4.5 MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

4.5.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

Realizar las acciones correspondientes para la corrección de fallas de los dispositivos de las líneas de envasado para evitar paros de producción muy largos.

4.5.2 TAREAS

- Cambio de conectores de los cables de sensores

En las industrias automatizadas, líneas de transporte, montaje y embalaje, donde se utilizan gran cantidad de sensores y actuadores, el tiempo de instalación juega un papel importante. Por este motivo se utilizan conectores M12 ya que es un sistema de conexión rápida, compatible con los sistemas de sensores y distribuidores ya existentes y resistente a golpes y vibraciones.

Adicional a estos conectores se utiliza grasa eléctrica que es un lubricante especial para la lubricación de interruptores, contactos y sensores eléctricos. Proporciona una protección anticorrosiva eficaz, especialmente sobre superficies de cobre, estaño y plata. Además, reduce la carga de conexión y de conmutación, minimiza la fricción de superficies de contacto, aumentan los ciclos de enchufe y de conexión a baja resistencia de contacto constante, y asegura una conexión suave.

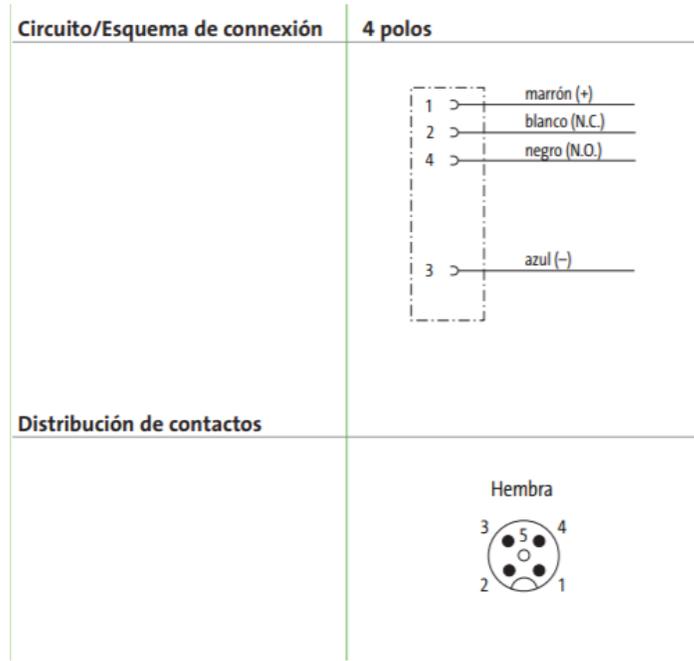


Ilustración 26. Pines de conexión de Cable M12

Fuente: (MQ12, 2020)

En el Anexo 4 se puede encontrar más información técnica sobre este elemento.

Las líneas de producción están muy expuestas a la humedad, provocando daños como corrosión de cables y terminales metálicas, el objetivo del cambio de las terminales y conectores es eliminar las partes con corrosión para un buen flujo de energía y datos de los sensores presentes en las líneas.



Ilustración 27. Cable con mucha corrosión

Fuente: Elaborado por autor

- Cambio de fotoceldas y reflectores de fotoceldas

Cuando una fotocelda deja de mandar señales correctas se analizan las posibles causas, si el problema lo tiene la fotocelda o los reflectores, si el reflector se nota muy dañado se reemplaza con uno nuevo, si se sigue dando la falla se regula la intensidad de la fotocelda como primera opción, pero si no mejora es reemplazada por una nueva.

- Cambio de relés

Los relés tienen una endurance establecida, y con el tiempo deben ser reemplazados, cuando los dispositivos empiezan a presentar fallas como falta de conmutación se revisan los paneles eléctricos y se realizan pruebas en los relés que estén en ese circuito eléctrico, cuando uno no está conmutando de manera correcta es reemplazado por uno nuevo.



Ilustración 28. Cambio de relé en maquina etiquetadora

Fuente: Elaborado por autor

- Cambio de válvulas

Las válvulas dosificadoras son utilizadas en las llenadoras de botellas en industrias alimenticias ya que evitan el goteo y realizan un llenado preciso. La forma de operación del equipo es utilizando válvulas de llenado que abren bajo cierta presión sobre la boca del envase. Si la boca del envase no varía significativamente, es posible tener cambios de formato de un envase a otro con facilidad como variar un envase de cerveza convencional de 12 oz a un envase de caguama de 950 mL. Este equipo es de fácil limpieza, fácil manejo y mantenimiento mínimo, construida totalmente en acero inoxidable y aluminio.

La revisión de las válvulas se hace con el propósito de evitar cualquier fuga, se realiza principalmente en la llenadora de botellas, en las válvulas de Co₂, de agua desaireada y de cerveza. Esta tarea consiste en la reparación o cambio de válvulas que presentan fugas durante la producción.



Ilustración 29. Revisión de válvulas de la llenadora

Fuente: Elaborado por autor

- Arreglos en etiquetadoras

Las etiquetadoras presentan diferentes problemas, uno de los principales es el desalineado, la etiqueta de cuello así como la del cuerpo deben ir bien alienadas, además la maquina debe colocar la cantidad correcta de pegamento a la etiqueta, para que no se despenda y los servomotores deben hacer los movimientos correctos para terminar de colocar la etiqueta en su lugar, cuando alguna de estas etapas falla se realizan cambios de piezas, alineaciones y calibraciones para evitar rechazo de producto por mal etiquetado.

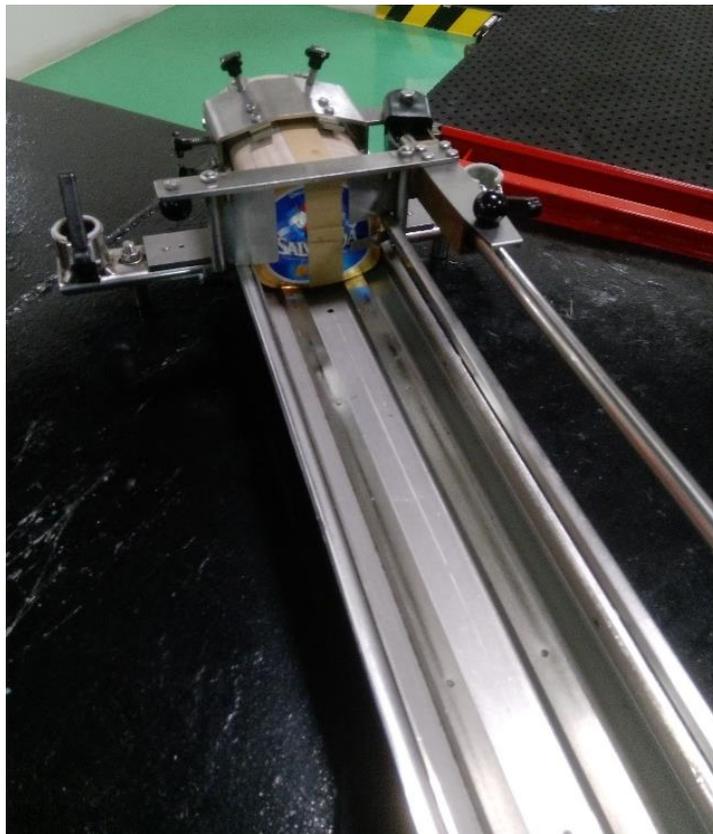


Ilustración 30. Reparación de etiquetadora

Fuente: Elaborado por autor

- Reparación de rechazadores de botella

En todo el proceso de producción las botellas pasan por varios inspectores que aseguran la calidad del producto. Las botellas que no cumplen los estándares de calidad son rechazadas, siendo expulsadas de los transportes de botella para luego desechar su contenido. Este sistema funciona por medio de enconders que mandan pulsos para activar un rechazador justo cuando la

botella defectuosa se encuentra en el area de rechazo, por medio de una electroválvula se mueve un pistón que empuja la botella fuera de la línea, el objetivo de esta tarea es reparar las electroválvulas o pistones que estén en mal estado y no rechacen bien la botella.



Ilustración 31. Reparación de rechazador de botella

Fuente: Elaborado por autor

4.6 PROYECTOS DE MEJORA

4.6.1 DESCRIPCIÓN DE TAREA

Realizar mejoras en algunas maquinas o sistemas utilizados en la empresa.

4.6.2 TAREAS

- Automatización de control de temperatura en horno para secado de motores

El horno para secar motores trabajaba de una manera manual, en la que se debía controlar la temperatura con una perilla, en este proyecto se implementó el controlador Watlow 96 en el que se conectó en una de sus entradas una termocupla que mide la temperatura dentro del horno.

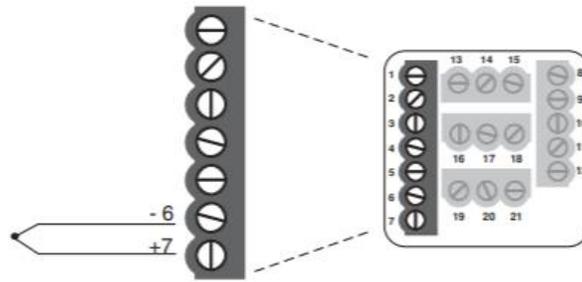


Ilustración 32. Conexión de termocupla

Fuente: (Series_96, 2005)

En el Anexo 6 se muestra mas información sobre los modos de programación del Watlow 96.



Ilustración 33. Tecla y pantalla del controlador Watlow 96

Fuente: (Series_96, 2005)

Se programó para activar su salida dependiendo de la temperatura colocada, esto dentro del rango de (93-100) °C . Cuando se alcanza el valor de la temperatura se activa un relé al que se le conecta un contactor con una bobina que trabaja a 220 V .

- Relé electromecánico sin supresión de contacto

96 _ _ _ D _ _ _ _ _

Forma C, 2 Amp., impedancia de desconexión:
31MΩ

- Relé de estado sólido sin supresión de contacto

96 _ _ _ K _ _ _ _ _

0.5 Amp., impedancia de desconexión: 31MΩ

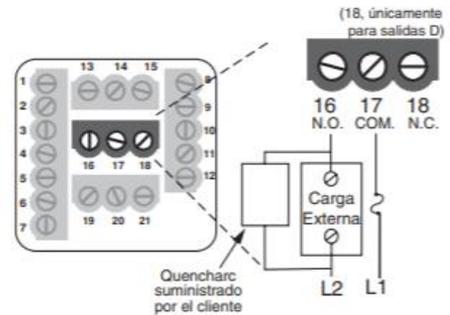


Ilustración 34. Conexión de salidas del Watlow 96

Fuente: (Series_96, 2005)

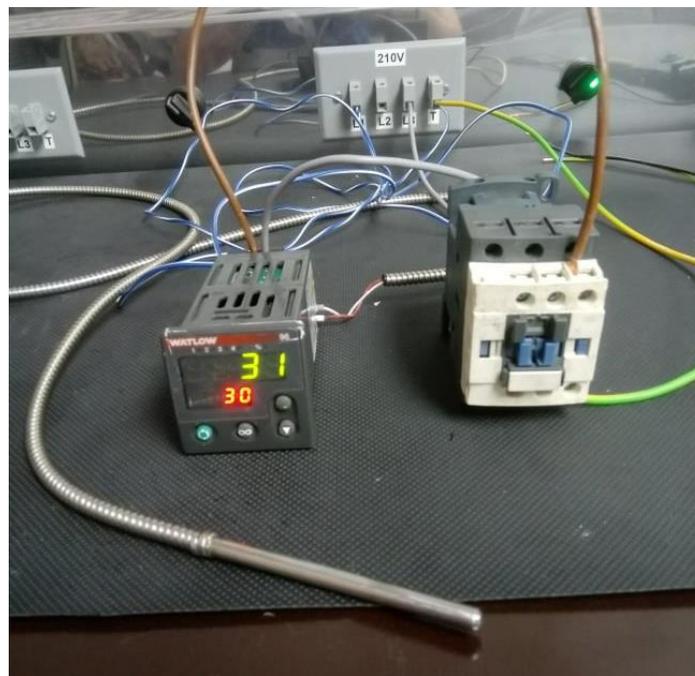


Ilustración 35. Programación y pruebas de controlador de temperatura

Fuente: Elaborado por autor

Este contactor permite el paso de corriente para la resistencia que trabaja a 220 V que calienta el horno.



Ilustración 36. Instalación de controlador de temperatura

Fuente: Elaborado por autor

- Instalación de alarma de CO₂

El dióxido de carbono no es tóxico para la salud humana, pero tampoco es útil para la respiración, por lo tanto, altas concentraciones de este gas producen una sensación poco confortable debido a que desplaza el oxígeno del aire y hace que respirar se vuelva más difícil.

Se puede tomar la concentración de este gas como parámetro de control de la calidad del aire, por lo que es muy común, emplear un sensor de dióxido de carbono para monitorizar. El sistema consiste en un sensor de dióxido de carbono que manda a un controlador una señal proporcional a la concentración de CO₂ que excede a la normal y esta activa una alarma para que las personas presentes en el área evacuen.



Ilustración 37. Instalación de alarma de CO2

Fuente: Elaborado por autor

V. CONCLUSIONES

1. Se implementaron los conocimientos académicos en la realización de actividades técnicas electromecánicas, apoyando los planes de acción dentro del departamento de mantenimiento para los equipos de envasado de la empresa Cervecería Hondureña.
2. Se dio seguimiento a las actividades de planeación participando en la elaboración y ejecución de planes de mantenimiento.
3. Se adquirió destreza en los equipos de la empresa ejecutando ordenes de mantenimiento preventivo y predictivo a los equipos de las tres líneas de producción.
4. Se apoyo en actividades electromecánicas todos los días de mantenimiento en las tres líneas de producción.

VI. RECOMENDACIONES

1. Conocer bien el tema de seguridad industrial ya que en este tipo de empresas se corre mucho riesgo de accidentes.
2. Realizar investigaciones y lecturas de manuales y fichas técnicas de las máquinas antes de intervenir en ellas para evitar fallas debido a las prácticas incorrectas.
3. Supervisión de las actividades realizadas por los técnicos, ya que pueden existir confusiones de comunicación sobre la tarea que se debe realizar que resulten en fallos de maquinaria.
4. Capacitación de todos los equipos con los que cuenta la empresa a cada miembro del personal para evitar accidentes por falta de conocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. ASALE, R.-, & RAE. (n.d.). *Macerar* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Retrieved May 12, 2020, from <https://dle.rae.es/macerar>
2. Bollfilter, T. I. (n.d.). *Alimentación y bebidas—Lavadora de botellas* | *BOLLFILTER*. Retrieved March 3, 2020, from <https://www.bollfilter.com/es/aplicaciones/filtracion-industrial-y-mecanizado/alimentacion-y-bebidas-lavadora-de-botellas.html>
3. Cable de alimentación M12—*UNITRONIC® Fieldbus—Cables para BUS Industrial* | *Nakase*. (n.d.). Retrieved May 12, 2020, from https://www.heidenhain.com.ar/cable_de_alimentacion_m12-c117
4. *Calculo de disponibilidad y confiabilidad—La gestión del mantenimiento estructura funcional de la industria*. (n.d.). Retrieved February 11, 2020, from <https://sites.google.com/site/portafoliowmican/calculo-de-disponibilidad-y-confiabilidad>
5. *Cervecería Hondureña—Nosotros*. (n.d.). Retrieved February 10, 2020, from <https://cerveceriahondurena.com/nosotros/quienes-somos>
6. *Dispositivos de control Checkmat para llenadora y taponadora—Krones*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/checkmat-dispositivos-de-control-para-llenadora-y-taponadora.php>
7. *El proceso de fabricación de la cerveza—Los Cervecistas*. (n.d.). Cervecistas. Retrieved February 11, 2020, from <https://www.loscervecistas.es/el-proceso-de-fabricacion-de-la-cerveza/>

8. *El proceso de malteado*. (n.d.). Retrieved May 12, 2020, from <https://www.sabeer.es/cultura-cervecera/el-proceso-de-malteado-en-3-pasos/>
9. *Futaba Servo S3003 4.1kg.cm 0.19s/60° (AR01000871) | Astra*. (n.d.). Retrieved May 12, 2020, from <https://www.astramodel.cz/en/catalog/futaba/futaba-servo-s3003-4-1kg-cm-0-19s-60-p392.html>
10. García, S. (2012). *Ingeniería de Mantenimiento*. Renovetec.
11. *Guia tecnica ainia de envase y embalaje Botellas de vidrio*. (n.d.). Retrieved May 12, 2020, from <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/D24C96B9564E2A4EC1256F250063FAA3?Opendocument>
12. *Inspector de Botella Vacía—Todo Para: Guía de Proveedores: Revista IA Alimentos de la industria de alimentos en Colombia*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from <https://revistaialimentos.com.co/guia/classified/inspector-de-botella-vacia-1907.html>
13. JBT. (2017). *Llenadora de nivel rotatoria de alto vacío*.
14. *Lavadoras de entrada y salida en dos lados Krones LavaClassic D y Lavatec D - Krones*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from <https://www.krones.com/es/productos/maquinas/lavadoras-con-entrada-y-salida-separadas-lavaclassic-y-lavatec-d.php>
15. *Logics & Controls | Loginspect*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from <http://www.logicscontrols.it/es/products/Loginspect>
16. MCI Automation: Tipos de fotoceldas, deteccion de objetos (automatizacion industrial). (2011, July 20). *MCI Automation*. <http://mci-automation.blogspot.com/2011/07/tipos-de-fotoceldas-deteccion-de.html>

17. *MQ12_ES.pdf*. (n.d.). Retrieved May 12, 2020, from
https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/565928/MQ12_ES.pdf
18. *Oceano_es.pdf*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from
http://gebooldes.dyndns.org/media/13172/oceano_es.pdf
19. *Pasteurizador Pama Swing®*. (n.d.). Retrieved March 3, 2020, from
<https://www.sidel.com/es/limpieza-y-tratamiento-de-recipientes/pasteurizadores-enfriadores-y-recalentadores/pasteurizadores-enfriadores-y-recalentadorespasteurizador-pama-swing-r-pd-355>
20. *PEN-M5A Fococelda Retro- reflectiva 0.1-5m de 24-240vca-vcd*. (n.d.). JEC Instrumentacion del Norte S.A. DE C.V. Retrieved May 12, 2020, from
<https://www.jinsa.com.mx/fococeldas/1364-pen-m5a-fococelda-retro-reflectiva-01-5m-de-24-240vca-vcd-2002180000243.html>
21. ¿Qué es el Mosto? (2017, November 13). *CERVECEROS DE MÉXICO*.
<https://cervecerosdemexico.com/2017/11/13/mosto-cerveza-proceso/>
22. Sanzol, L. (2010). *IMPLANTACIÓN DE PLAN DE MANTENIMIENTO TPM EN PLANTA DE COGENERACIÓN*.
23. *Series_96_um_-_sp_rev d.pdf*. (n.d.). Retrieved May 13, 2020, from
http://www.watlow.co.jp/downloads/es/manuals/series_96_um_-_sp_rev%20d.pdf
24. Smith, J. (n.d.). *Proceso industrial de la cerveza*.

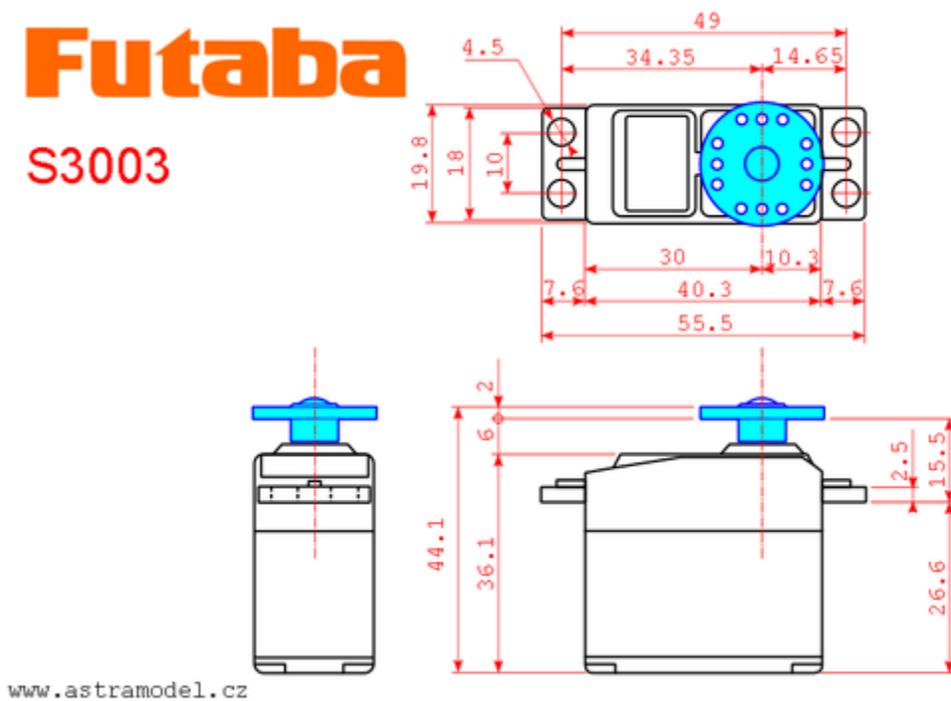
ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica fotocelda retroreflectiva

Model	Amp built in		
	PEN-T10B	PEN-M5B	PEN-R700B
Sensing method	Through beam type	Retro reflection type	Diffuse reflection type
Sensing distance	10 m	0.1 ~ 5 m	700 mm
Sensing object	min Ø20 mm (Opaque body)	min Ø60 mm (Opaque body)	200X200 mm (White non-glossy paper)
Power supply voltage	12 – 24 V DC ±10 %		
Current consumption	Emitter : max 35 mA Receiver : max 20 mA	max 45 mA	
Operation mode	Light ON / Dark ON ※ Selectable by the mode V/R		
Sensitivity adjustment	—	Built in the sensitivity control V/R	
Control output	NPN/PNP open collector output asynchronously Load current : Max. 150 mA DC (Resistive load), Remaining voltage : Less than 1 V DC		
Response time	max 1 ms		
Hysteresis	—	Less than 20 % of the sensing distance	
Light source	Infrared lightening LED (Alternation type)		
LED	Control output indicator : Red LED, stable output indicator : green LED (Red LED of through beam type emitter is the power indicator)		
Material	Case : Heat resistance ABS, Lens : P.C		
Protective circuit	Built in the reversed power supply connection protective circuit, short protective circuit and inverter light noise protective circuit.		
Connection method	Code extended type (Number of wires : 4P, Diameter : Ø 6 mm, Length : 2 mm) ※ Emitter 2P		
Ambient illumination	Sunlight : max 11000 Lux, Incandescent lamp : max 3000 Lux		
Ambient temperature	-20 ~ 65 °C (Surrounding storage temperature : -25~70 °C)		
Ambient humidity	35 ~ 85 % RH (With no condensation)		
Protective structure	IP 64 (IEC)		
Vibration resistance	0 – 55 Hz double amplitude 0.75 mm, for 2 hours each in X, Y and Z directions (But with the state wher power being OFF)		
Dielectric strength	1,000 V AC (50/60 Hz for 1 min)		
Shock resistance	500 % (Approx. 50 G), 3 times each in X, Y and Z directions		
Insulation resistance	min 20 MΩ (500 V DC mega between the changing part and case)		

Fuente: (PEN-M5A Fotocelda Retro, 2019)

Anexo 2. Dimensiones de un servomotor Futaba S3003



Fuente: (Astra, 2020)

Anexo 3. Hoja técnica de un servomotor Futaba S3003

...S3003 FUTABA SERVO...			
Detailed Specifications			
Control System:	+Pulse Width Control 1520usec Neutral	Current Drain (4.8V):	7.2mA/idle
Required Pulse:	3-5 Volt Peak to Peak Square Wave	Current Drain (6.0V):	8mA/idle
Operating Voltage:	4.8-6.0 Volts	Direction:	Counter Clockwise/Pulse Traveling 1520- 1900usec
Operating Temperature Range:	-20 to +60 Degree C	Motor Type:	3 Pole Ferrite
Operating Speed (4.8V):	0.23sec/60 degrees at no load	Potentiometer Drive:	Indirect Drive
Operating Speed (6.0V):	0.19sec/60 degrees at no load	Bearing Type:	Plastic Bearing
Stall Torque (4.8V):	44 oz/in. (3.2kg.cm)	Gear Type:	All Nylon Gears
Stall Torque (6.0V):	56.8 oz/in. (4.1kg.cm)	Connector Wire Length:	12"
Operating Angle:	45 Deg. one side pulse traveling 400usec	Dimensions:	1.6" x 0.8"x 1.4" (41 x 20 x 36mm)
360 Modifiable:	Yes	Weight:	1.3oz. (37.2g)

Fuente: (Astra, 2020)

Anexo 4. Ficha técnica del conector M12

Datos técnicos

Color del conductor

marrón, blanco, azul, negro

Diámetro exterior del cable

5,9 mm

Codificación

A - Standard

Sección nominal del conductor

0,75 mm²

Color de la cubierta exterior

Negro RAL 9005

Cubierta exterior, material

PUR

Material de cuerpo de apriete

TPU, difícilmente inflamable, autoextinguible

Material de superficie de contacto

Ni/Au

Material del contacto

CuSn

Material, nudos

Cinc fundido a presión, (con recubrimiento de níquel)

Grado de protección:

IP65/IP67/IP69K

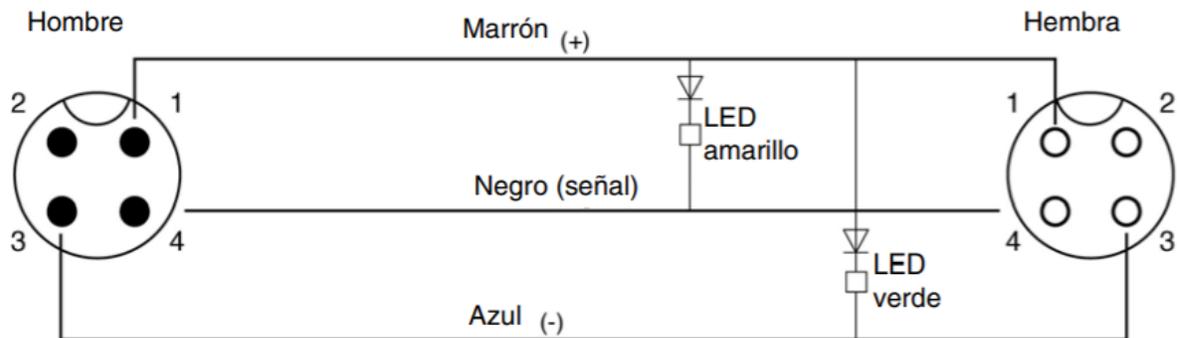
Temperatura ambiente (en uso)

macho/hembra de -25 °C a +90 °C

Cable, instalación fija -25 °C a +80 °C Cable, instalación flexible -5 °C a +80 °C

Fuente: (UNITRONIC Fieldbus, 2020)

Anexo 5. Conexión de Macho-Hembra para conector M12



Fuente: (UNITRONIC Fieldbus, 2020)

Anexo 6. Operaciones del controlador Watlow 96

Mapa del software de la Serie 96

Página de Inicio

- 96** Valor de proceso 1
- 96** Valor del punto establecido, valor del punto establecido remoto o valor del porcentaje de salida
- 96** Menú especial**...
- PI**

Menú de programa*

(ver pág. 7.1)

Página Operaciones

- Mon** Menú de monitor
- OPER** Página Operaciones
- Pr2** Proceso 2**
- Pcnt** Salida en porcentaje
- rPSP** Punto establecido de rampa**
- ES** Estado de entrada de evento
- USER** Menú del usuario
- OPER** Página Operaciones
- R-M** Modo de operación automática-manual**
- AUT** Sintonización automática
- RES** Punto establecido de sintonización automática
- SP2** Punto establecido 2**
- ESP** Punto establecido del evento**
- L-r** Modo local o remoto**
- CAL** Compensación de calibración

PID 1

- OPER** Página Operaciones
- Pb1** Banda proporcional 1
- IE1** Integral 1
- RE1** Restablecimiento 1
- DE1** Derivativa 1
- RA1** Compensación de excedente 1
- BS1** Disparo 1
- CT1** Tiempo del ciclo 1
- HY1** Histéresis 1
- db1** Banda muerta 1

PID 2

- OPER** Página Operaciones
- Pb2** Banda proporcional 2
- IE2** Integral 2
- RE2** Restablecimiento 2
- DE2** Derivativa 2
- RA2** Compensación de excedente 2
- BS2** Disparo 2
- CT2** Tiempo del ciclo 2
- HY2** Histéresis 2
- db2** Banda muerta 2

ALARMA

- OPER** Página Operaciones
- R2Lo** Alarma baja 2
- R2h1** Alarma alta 2
- R3Lo** Alarma baja 3
- R3h1** Alarma alta 3
- R4Lo** Alarma baja 4
- R4h1** Alarma alta 4

Página Configuración

- INP1** Menú de entrada 1
- SEE** Página Configuración
- SEN1** Tipo de sensor
- IN1** Tipo de entrada 1
- RL1** Rango bajo 1
- rh1** Rango alto 1
- DEC1** Decimal 1
- FET1** Filtro del software de entrada 1

INP2

- SEE** Página Configuración
- IN2** Entrada 2**
- RL2** Rango bajo 2**
- rh2** Rango alto 2**
- CAL2** Compensación de calibración 2**
- EFN** Función de evento
- ECN** Condición de evento
- ABSP** Abortar punto establecido*

OUT1

- SEE** Página Configuración
- DE1** Salida 1
- Pr1** Tipo de proceso 1

OUT2

- SEE** Página Configuración
- DE2** Salida 2
- Pr2** Tipo de proceso 2
- REY2** Tipo de alarma 2
- RHY2** Histéresis de alarma 2
- LE2** Enganche 2
- SIL2** Silenciar 2
- Sid2** Lados activos de alarma 2
- L9c2** Lógica de alarma 2
- Rnu2** Anunciación de alarma 2

OUT3

- SEE** Página Configuración
- DE3** Salida 3
- REY3** Tipo de alarma 3
- RHY3** Histéresis de alarma 3
- LE3** Enganche 3
- SIL3** Silenciar 3
- Sid3** Lados activos de alarma 3
- L9c3** Lógica de alarma 3
- Rnu3** Anunciación de alarma 3

OUT4

- SEE** Página Configuración
- DE4** Salida 4
- REY4** Tipo de alarma 4
- RHY4** Histéresis de alarma 4
- LE4** Enganche 4
- SIL4** Silenciar 4
- Sid4** Lados activos de alarma 4
- L9c4** Lógica de alarma 4
- Rnu4** Anunciación de alarma 4
- ROU** Salida analógica 4
- Pr4** Tipo de proceso 4
- Rh1** Salida analógica alta
- RL1** Salida analógica baja
- RCAL** Compensación de salida analógica
- BRUd** Velocidad en baudios
- Addr** Dirección

GLBL

- SEE** Página Configuración
- Unit** Tipo de unidades
- C-F** °C o °F
- Err** Enganche de error de entrada
- FRIL** Modo de falla**
- PRN** Potencia predeterminada manual**
- PLSP** Punto establecido de límite de potencia
- PLR** Límite alto de potencia, por encima
- PLb** Límite alto de potencia, por debajo
- rP** Modo de rampa**
- rPS** Escala de rampa**
- rRE** Velocidad de rampa**
- DPLP** Detectar lazo abierto
- PEYP** Tipo de programa*

Página Fábrica

USE

- FctY** Página Fábrica
- PI**
- P2**
- P3**
- P4**
- P5**
- P6**
- P7**
- P8**
- P9**
- P10**
- P11**
- P12**
- P13**
- P14**
- P15**
- P16**

LOC

- FctY** Página Fábrica
- SP** Bloqueo del punto establecido
- Pr09** Bloqueo del menú de programa*
- CUSE** Bloqueo del menú especial**
- OPER** Modo de la página Operaciones
- SEE** Bloqueo de la página Configuración
- CAL** Bloqueo del menú de Calibración

DIR9

- FctY** Página Fábrica
- MDL** Número de modelo
- DATE** Fecha de fabricación
- S1** Número de serie 1
- S2** Número de serie 2
- SOFE** Número de identificación del software
- IEY2** Tipo de entrada 2
- REU** Revisión del software
- DEY1** Componentes de la salida 1
- DEY2** Componentes de la salida 2
- DEY3** Componentes de la salida 3
- DEY4** Componentes de la salida 4
- EOU** Prueba de Salidas
- dISP** Prueba de pantallas
- hRES** Alta resolución
- RTb** Temperatura ambiental
- RCnt** Recuentos A-D ambiente
- cnt1** Recuentos A-D canal 1
- cnt2** Recuentos A-D canal 2
- ESH** Prueba de comunicaciones / Resolución de problemas
- LFE** Frecuencia de línea