



Decanato de Ingeniería e Informática
Escuela de Ingeniería

Tesis de Grado para Optar por el Título de:
Ingeniero Industrial

“Propuesta de Diseño para la Automatización de las
Operaciones de Inspección en el Proceso de
Embotellado de Agua Potable en la Empresa Agua
Planeta Azul, S.A., Año 2014”

Sustentantes:

Br. Luis Martin Rodríguez García	2010-2177
Br. José Alberto Mosquea Del Orbe	2010-1593

Asesor:

Prof. Fernando López, M.Ed.

Distrito Nacional República Dominicana
Noviembre, 2014

“Los conceptos expuestos en esta
investigación son de la exclusiva
responsabilidad de su(s) autor(es)”

RESUMEN

El presente trabajo de grado muestra el desarrollo de una investigación de campo en la empresa Agua Planeta Azul, S.A. Su objetivo es diseñar una propuesta de automatización para las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable que eficiente el desempeño actual. Para conseguirlo, se identificaron y describieron cada una de las inspecciones del proceso. Posteriormente se examinó la situación actual mediante la utilización de herramientas de ingeniería, principios de Manufactura Esbelta, realización de un estudio de tiempo, análisis FODA y consideraciones específicas sobre la necesidad de automatización. Estos análisis sirvieron como criterio base para determinar cuáles operaciones podían ser objeto de la propuesta. Debido al impacto que presenta en el proceso, se seleccionó la inspección de lámpara seca.

Para su automatización, se consideraron máquinas que se adaptaban a los requerimientos de la inspección en cuestión, y se compararon en términos de capacidad operativa y costo. Dichas máquinas fueron los *sniffers* Canis 220 CL y LDB3 6 Head Side. La validación de la aplicación de estos equipos se efectuó utilizando las técnicas de Costo del Ciclo de Vida (LCC) y el método Valor Actual Neto (VAN). Se calculó que ambas máquinas superaban la capacidad operativa del mecanismo actual de inspección en más de un 60 %. En ambos casos, se previó el retorno de la inversión en períodos inferiores a cinco años. Al igual, se estimaron ahorros por concepto de pago de horas extras. Al comparar las dos máquinas previamente mencionadas, se determinó que el sniffer LDB3 6 es la mejor opción de inversión, ya que excede en un 46% la capacidad de la Canis y posee un costo similar a la segunda.

Los resultados del estudio muestran que la automatización es una posibilidad económicamente viable y suficientemente eficiente para detectar contaminantes y fisuras en los botellones; al realizarse en un menor tiempo que el modo de ejecución actual de la prueba de lámpara seca. Por otra parte, se identificaron oportunidades de mejora en otras inspecciones dentro del proceso.

ABSTRACT

This paper shows the development of a field investigation at the company Agua Planeta Azul, SA. Its objective is to design an automation proposal for the inspection operations in the process of drinking water bottling that increase the efficiency of the actual performance. To achieve this, it was needed to identify and describe each of the process inspections. The situation was later examined using engineering tools, principles of Lean Manufacturing, a time study, SWOT analysis and specific considerations concerning the need for automation. These analyses served as the basis for determining which of the operations could be the subject to the proposal. Due to the impact that it has on the process, the selected inspection was the “dry bulb”.

For the automation, it was necessary to consider machines that were compliant with the inspection requirements, and to compare them in terms of operational capacity. These machines were the sniffers Canis CL 220 and LDB3 6 Head Side. Validation of the application of this equipment was performed using the techniques of Life Cycle Cost (LCC) and Net Present Value method.

It was calculated that both machines exceeded the operational capacity of the current inspection scheme on more than 60 %. In both cases, the return on investment was previewed to be completed in less than five. In addition to it, savings from overtime pay was calculated. Comparing the two aforementioned machines, it was determined that the sniffer LDB3 6 is the best investment option.

The study results show that automation is economically viable and efficient enough to detect contaminants and possible cracks in bottles; to be performed in a shorter time than the current mode of operation of the dry test bulb. Moreover, opportunities for improvement were identified by examining some others inspections within the water bottling process.

DEDICATORIAS

Dedico esta tesis a Dios por darme ese suspiro al que llamamos vida y permitirme llegar hasta este lugar, por apoyarme en momentos difíciles, por todas las cosas que me ha concedido, porque me premiaste con una familia increíble, por una buena educación y también por la oportunidad de compartir con personas maravillosas y por darme la gracia de estar con las personas que amo.

A mis amados padres por brindarme la oportunidad de una educación digna, por cuidarme desde el momento en que supieron que existía, por dame su apoyo en cada una de mis decisiones y velado por mí en todo momento. Por haberme forjado de la mejor manera, con altos valores y principios. Son mi vida y los amo sobre todas las cosas de este mundo, son mi orgullo y mi sustento. ¡Los Amo!

Luis Martin Rodríguez García

DEDICATORIAS

He de resumir cuatro años de preparación constante de la manera más precisa posible, y por ello se hace imprescindible dedicar todo el esfuerzo a ustedes, quienes sirvieron de inspiración para lograrlo. Dedico este trabajo de grado a Dios, porque tu obras diariamente en mi vida para sacar lo mejor de mí, porque me has dotado de la sabiduría necesaria para alcanzar mis metas, porque me has protegido de los peligros que acechan por ahí, porque me das fuerzas para seguir aun cuando el camino se torna gris.

A mis padres, José R. Mosquea y Gisela Del Orbe. Ustedes son seres excepcionales, que me han enseñado el valor de la honestidad, del respeto, de un cariño inexplicable e inmenso que aún no acabo de comprender, pero que espero poder retribuir con mis acciones algún día. Sin lugar a dudas, no estaría escribiendo estas palabras de no ser por la labor ejemplar que han desempeñado en mi formación ¡Gracias por ser la mejor de las escuelas y por hacer de mí quien soy!

A mi abuela, Juana Frías. Cuanto ansié que vieras mi graduación. Tú que siempre me tuviste presente, y que esperabas de mí lo mejor. Quiero que sepas, que allá donde estés, te extraño y te recuerdo con alegría. Esta tesis también va por ti.

José Alberto Mosquea Del Orbe

AGRADECIMIENTOS

A Dios, Todopoderoso, por brindarme las fuerzas de cumplir cada meta que me propongo en la vida. A Él le debo este y todos los logros que alcance en el resto de mis días.

A mi madre, Joselín García, por haber estado ahí siempre, por los sacrificios que constantemente has hecho por mí, por enseñarme cada uno de los valores que hoy me hacen el hombre que soy, por demostrarme la importancia de superarse cada día como persona y profesional. Te amo Mama por ser mi todo en cada momento.

A mi padre, Julio Rodríguez, por enseñarme que todo se consigue con preparación y esfuerzo. Por escucharme siempre y aconsejarme en relación a mi futuro profesional y laboral. Por ese amor incondicional que cada día le das a nosotros tu familia. Por permitirme recibir la mejor educación para que hoy pueda ser un profesional. Te Amo papa!

A mi hermano, Sebastian Rodríguez, por constantemente apoyarme y ser mi cómplice en la vida. Por estar conmigo siempre y demostrarme que no hay hermandad más grande que la sangre. Por permitirme aprender de ti y compartir tus aficiones. Te quiero hermano.

A mi asesor, Fernando López, con quien pude compartir y conocer más a fondo, más allá de sus grandes dotes como maestro. Por ser una persona con gran interés de ayudar y dar el todo por el todo por sus estudiantes.

A mi tía, Yoelina García, Por ser una persona tan importante en mi vida y ayudarme de distintas maneras en lo que viene siendo mi formación profesional. ¡Te quiero!

A mis tíos abuelos, Melania Razón y Arturo Manríquez, por ser personas incondicionales y apoyarme en cada paso que doy en mí.

A mis tíos, Elvis Rodríguez y Saudhi Reyes, por darme su apoyo incondicional en cada momento de mi desarrollo personal y profesional.

A mi compañero de tesis, José A Mosquea, por crear el ambiente perfecto para trabajar con la tesis, por la compañía y el apoyo que han servido de base para la formación de una gran amistad. Por ser una persona ejemplar y brindarme su amistad en todo momento.

A mis compañeros de Universidad, Laura Melissa Roa, Jonatan Vargas, Erick Jovine y Sor Ligia Mendoza, por ser personas que se han convertido en un soporte para mí y que en el desarrollo de nuestra carrera profesional se han ganado un puesto en mi corazón convirtiéndose en mis amigos más preciados dentro de la universidad.

A mis amigas, Lorena María Rosario y Jorlandy Pérez, por toda la confianza depositada en mí al momento de elaborar mi trabajo de grado y por ser personas que siempre están ahí en los buenos y los malos momentos. Ustedes son mis amigas incondicionales.

A mis amigos de toda la vida, Joshua Vásquez, Emmanuel Pereyra y Santiago Contreras quienes saben lo importante que es para mí el cierre de esta etapa universitaria y que siempre han estado ahí para apoyarme.

A mención especial, Sunilda, Ivette, Rosario y George, quienes han ayudado a mi formación profesional y me han apoyado en cada escenario de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por dotarme de sabiduría e iluminar el camino para que nunca le perdiera el rastro. Ha sido mi guía constante. Incluso, cuando los hechos parecen ser producto de la casualidad, es él quien está ahí vigilando mis pasos, y asegurándose de que tomara las decisiones correctas.

A mi madre, Gisela Del Orbe, eres un lucero que con su esplendor llena de positivismo a quienes le rodean. Tengo la dicha de ser tu hijo, y de observarte actuar y responder a diversas situaciones. Quiero decirte que has hecho un buen trabajo al predicar con el ejemplo. Tú me has enseñado a perseverar, a priorizar, a afrontar los obstáculos que puedan aparecer ¡Gracias por ese amor inagotable e inmensurable que me brindas día con día!

A mi padre, José Ramón Mosquea, me permitiré tutearle pues la ocasión lo amerita. Sabes que te amo, y que pretendo estés orgulloso de mí. De ti he aprendido tanto. Eres un ser humano de grandes virtudes. Siempre te has preocupado por mi educación, y has sido tú el instructor que me enseñó a dar mis primeros pasos. Creo que has tenido mucha influencia en las decisiones que he tomado ¡Gracias por siempre estar presente!

A mi hermana, Gissel Vanesa Mosquea, por todos los momentos que hemos compartido; por creer en mí, incluso, cuando yo mismo dudaba de lo que podía alcanzar. Me impresionas ¡Gracias por convertir cada uno de mis logros en logros tuyos también y por motivarme a ser mejor persona cada día!

A mi hermana, Yesica Beatriz Mosquea, porque siempre me has brindado tu compañía, por ser mi cómplice en muchas cosas y por todas las veces que nos desvelamos juntos cuando tenía que estudiar ¡Gracias por contagiarme con tu energía, y recordarme que siempre cuento contigo!

A mi tío, José Rafael Mosquea, por brindarme su apoyo en todo momento y por preocuparse por mi bienestar personal y académico. Tío “Guin”, le

agradezco infinitamente el haber contribuido en mi formación como profesional.

A mí asesor, Fernando López, por su disposición y dedicación. Prof. López, para mí fue un honor contar con su asesoría. Fue excelente. Gracias por escuchar nuestras opiniones e involucrarse de lleno con el desarrollo de esta investigación.

A mis tíos, Víctor, Felipe, Selidé, Angela, José F., José A., Marisol, Jasson. Porque todos ustedes han estado presentes en momentos importantes de mi vida, y porque sé que siempre estarán ahí para mí y el resto de mi familia.

A mis abuelos, Juana Frías, Guarionex Del Orbe, Justina Brown y Cipriano Mosquea, porque ustedes han sido los cimientos de mi formación. Por compartir conmigo mis logros y alegrías, por preocuparse por mi bienestar y estar al pendiente de mis acciones. ¡Gracias!

A mí compañero de tesis y amigo, Luis M. Rodríguez, por todas esas largas horas de trabajo necesarias que dedicamos para la elaboración de la tesis. Realmente, valió la pena el esfuerzo ¡Gracias por ser un amigo invaluable, y por apoyarme incondicionalmente!

A mi amiga, Mittier Reyes, porque has demostrado ser una persona con un gran corazón, y porque con tu simpatía y amistad has pasado a formar parte de mi familia.

¡Gracias a todos aquellos, los que directa o indirectamente, contribuyeron a la realización de este trabajo de grado y más aún a quienes estuvieron presentes durante estos cuatro años de estudio y esfuerzo!

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	V
LISTA DE TABLAS	1
LISTA DE FIGURAS	2
INTRODUCCIÓN	3
Justificación	5
Delimitación del tema	6
Planteamiento del Problema	6
Objetivos	8
Objetivos Específicos	8
CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO	9
La Automatización	10
Concepto	10
Historia de la Automatización	11
Ventajas de la Automatización	15
Desventajas de la Automatización	16
Tipos de automatización	16
Lean Manufacturing	18
Concepto	18
Tipos de desperdicios	18
Lean Manufacturing en la Republica Dominicana	19
LCC (Costo de Ciclo de Vida)	19
Valor Actual Neto	20
Efectividad	21
Evolución de la industria embotelladora del Agua en República Dominican	22
Agua Planeta Azul, S.A.	24
Historia de Planeta Azul	24
Misión, Visión y Valores	25
Filosofía	25

Estrategias de distribución puestas en práctica por Agua Planeta Azul....	26
Ubicación y terreno	27
Organigrama.....	28
Líneas de productos.....	28
Presentaciones del producto.....	29
Proceso de Purificación del agua en Planeta Azul	30
Esterilización de los envases en Planeta Azul	31
Instituciones que avalan la calidad de Planeta Azul	32
Sellos de seguridad de Planeta Azul	34
Identificación del producto.....	34
Razón Social de Agua Planeta Azul S.A	34
Certificaciones de Planeta Azul	35
Proceso de Embotellado	35
Normativas de calidad	36
CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL.....	40
Descripción de la situación – Proceso productivo	40
Indicadores de medición de desempeño del proceso de embotellado	45
Proceso de Embotellado	46
Diagrama de decisiones en planeta Azul.....	47
Descripción de los Equipos Principales	48
Distribución en planta (Layout).....	51
Descripción general - Planta #1 y Planta #2.....	51
Planta General #1- Producción de botellas.....	52
Planta #2 – Producción de botellones de 5 galones.....	53
Análisis de la Situación Actual.....	54
Cursograma Analítico de proceso (Diagrama Analítico).....	54
Estudio de tiempo	56
Descripción de las inspecciones	60
Análisis FODA.....	64
Propuesta	68
CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS (PROPUESTA)	69
Propuesta de investigación.....	69
Propuesta de Implementación.....	70

Inline (Sistema de detección de fugas en línea)	70
INSPECTO CANIS 220-CL	72
Justificación	76
Capacidad Operativa	76
Inversión y Factibilidad Económica.....	81
Costo del Ciclo de Vida	82
Selección de Efectividad	85
Valor Actual Neto de la Inversión	86
Resultados	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS O APÉNDICES	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-Tipos de desperdicios en Lean Manufacturing	18
Tabla 2- Casos de aplicación del LCC.....	20
Tabla 3-Características del botellón	29
Tabla 4-Precio de venta	29
Tabla 5-Certificaciones Agua Planeta Azul S.A	35
Tabla 6-Siete Principios Criterio Microbiológico.....	38
Tabla 7-Indicadores de Desempeño en el proceso de embotellado.....	45
Tabla 8-Descripción y Cantidad de Equipos dentro de la empresa.....	49
Tabla 9-Diagrama Analítico del Proceso	55
Tabla 10-Resumen de Cursograma Analítico de Proceso	56
Tabla 11- Medición del Lead	57
Tabla 12-Estudio de tiempo.....	59
Tabla 13- Análisis FODA.....	64
Tabla 14-Características generales.....	71
Tabla 15-Monto equivalente evaporado en una botella de 5 galones	72
Tabla 16-Resumen Características Canis 220 CL.....	75
Tabla 17-Producción Jornada Tradicional.....	76
Tabla 18-Producción Jornada Extendida 1	77
Tabla 19-Producción Jornada Extendida 2	78
Tabla 20-Capacidades equipos de inspecciones.....	79
Tabla 21-Tabla de conversiones Canis 220 CL	81
Tabla 22-Tabla de conversiones LDB3 6	81
Tabla 23-Sección I Canis 220 CL	82
Tabla 24-LCC-Sección II Canis 220 CL.....	83
Tabla 25-Sección I LDB3 6.....	83
Tabla 26-LCC-Sección II LDB3 6.....	84
Tabla 28- Rango Porcentual de Efectividad.....	85
Tabla 27- Cálculo Selección de Efectividad.....	86
Tabla 29-Valor Actual Neto (VAN) Canis 220 CL.....	86
Tabla 30-Valor Actual Neto (VAN) LDB3 6	87
Tabla 31 Resumen de Evaluación de las Máquinas Canis 220 CL y LDB3 6.....	91

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1-Demostración de Flujo Financiero en VAN	21
Ilustración 2-Descripción del canal de distribución	26
Ilustración 3-Ubicacion Planta 1 y Planta2 Agua Planeta Azul S.A	27
Ilustración 4-Organigrama Planeta Azul	28
Ilustración 5-Diagrama Esquemático del proceso.....	42
Ilustración 6-Diagrama De Operación Proceso de Embotellado	46
Ilustración 7-Etapas del proceso de producción	47
Ilustración 8-Diagrama de Decisión – Proceso de embotellado	48
Ilustración 9-Layout Planta #1 Y Planta #2	51
Ilustración 10-Layout Planta 1	52
Ilustración 11-Layout Planta 2	53
Ilustración 12-Simbología de Cursogramas Analítico	54
Ilustración 13-Relación entre tiempo observado y el cálculo del tiempo estándar	58
Ilustración14-Inspección en Rampa	60
Ilustración15-Lámpara Seca.....	61
Ilustración 16-Inspección de Posición en Llenadores	61
Ilustración 17-Posición Correcta de las Boquillas en Relación al Botellón	62
Ilustración 18-Lámpara Húmeda.....	62
Ilustración 19-Inspección Banda de Seguridad	63
Ilustración 20-Sistema de Detección de fugas LDB3	70
Ilustración 21-Ajuste de cabecilla con cuello de botellón.....	71
Ilustración 22-Diferentes vistas operativas de la Canis CL	74
Ilustración 23-Diagrama Estructural de Canis 220 CL	74
Ilustración 24-Gráfico de Botellones Inspeccionados Lámpara Seca (Una Línea) ...	78
Ilustración 25-Grafico de Botellones Inspeccionados Lámpara Seca (Seis Líneas) .	79
Ilustración 26- Gráfico Comparación Máquina vs Método actual	80
Ilustración 27- Gráfico Comparativo LCC	84

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria tiene una marcada tendencia a implementar máquinas y equipos para automatizar los procesos de transformación o elaboración de los alimentos. Una de las causas principales es la necesidad existente de inspeccionar y controlar volúmenes considerables de productos para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos. Por lo regular, y según la cantidad producida, la automatización aplicada en dicha industria supone la reducción del costo en términos operativos e incrementa la eficiencia en la ejecución de los procesos.

El control de calidad y las inspecciones adquieren también gran importancia en la industria del agua potable, la cual se enmarca dentro del sector alimentario. Como es conocido, el agua potable es un producto esencial para la vida, y por consiguiente presenta una demanda inelástica entre los consumidores. Esta puede ser distribuida a través de las tuberías del sistema de acueductos municipales o envasada en botellas y garrafones.

Adquirir productos envasados se ha convertido en una costumbre generalizada en la población, ya que los consumidores confían en la potabilidad e higiene del agua embotellada. Sin embargo, las principales embotelladoras de agua del país utilizan mecanismos o sistemas de control e inspección manuales, es decir, llevados a cabo por los operarios. Esta situación se entiende como una oportunidad de mejora y sirve como objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

Existen diversas normas o filosofías, que aunadas a la automatización, pueden ser utilizadas para mejorar el sistema de producción. Se pueden mencionar las normas de calidad ISO 9001 y el Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control -HACCP, por sus siglas en inglés. De la misma forma la mejora de los procesos se fundamentará en la aplicación de

herramientas de Lean Manufacturing. Estas y otras terminologías serán abordadas y definidas en el desarrollo de la investigación.

Este trabajo de investigación se encuentra dividido por capítulos, los mismos constan de: descripciones generales, conceptos específicos, gráficos y tablas que facilitan la comprensión del contenido de esta propuesta.

Capítulo 1 “Marco Teórico”: Se encamina a la recopilación del conocimiento necesario para el desarrollo de la investigación; tomando como punto de referencia las restricciones económicas, medioambientales, éticas y/o sociales que soporten el presente trabajo de investigación.

Capítulo 2 “Situación actual de la empresa”: Se plantea el estado actual de la empresa analizando el porqué es necesaria la implementación de la “Automatización de las actividades de inspección del proceso de embotellado en la empresa Planeta Azul”.

Capítulo 3 “Validación de resultados”: En este apartado se expone la validez de los datos obtenidos, considerando los recursos técnicos y las variables usadas en la aplicación del modelo utilizado para el diseño del experimento o el proceso de observación de la investigación.

“Conclusiones y Recomendaciones”: Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones de los resultados obtenidos en el desarrollo de la propuesta.

Justificación

En el proceso de embotellado de agua potable se realiza un determinado número de operaciones que se extiende desde la captación del agua no tratada hasta el despacho de los garrafones. En varias etapas de este proceso se cuenta con inspecciones de control de calidad. Su objetivo consiste en asegurar el cumplimiento de los estándares pre-establecidos en relación a las especificaciones del producto. Por tanto, es imprescindible realizar inspecciones en puntos clave que permitan minimizar las pérdidas de productos, cargos y reclamaciones mejorando el funcionamiento de los proveedores.

En el caso de las industrias de agua potable y alimentarias, estas suelen aplicar inspecciones con mayor frecuencia que otras industrias, ya que las fallas en el control de calidad pueden influir negativamente en la salud de los consumidores, creando el descrédito de la marca.

Para reforzar la capacitación, los operarios de distintas máquinas o etapas del proceso (no exclusivamente de las inspecciones) se rotan entre las diversas funciones no automatizadas que se ejecutan en la planta de producción.

Se conoce que Planeta Azul se caracteriza por ser una de las empresas de la industria más innovadoras en la implementación de nuevas tecnologías para la mejora de sus procesos. En adición, el agua embotellada por dicha empresa es demandada en grandes volúmenes por los consumidores a nivel nacional.

Es importante destacar que la automatización presenta diversas ventajas al ser aplicada en la industria de embotellado del agua. Mediante la implementación de máquinas autónomas o parcialmente autónomas se puede lograr conservar una consistencia homogénea en el agua embotellada, en lo referente al sabor, color y olor del agua; o, en el caso del envase, se puede conservar su forma y aspecto. La automatización garantizará tanto la homogeneidad del producto terminado como la

disminución del error humano, y probablemente, la reducción de los costos en las operaciones de inspección y, además, el decrecimiento de las devoluciones por falta de calidad en cualquiera de los aspectos del agua embotellada de la empresa.

Esto se traduce en ofrecer un producto con un mayor nivel de calidad, que cumpla con los lineamientos necesarios para mantener la salud de sus consumidores y empleados. Por lo mismo, la propuesta de automatización preservará la higiene e inocuidad del producto.

Delimitación del tema

El presente trabajo de investigación será realizado en las instalaciones de la empresa Agua Planeta Azul, S.A., cuya sede operativa se encuentra ubicada en Av. Central esq. Av. Los Próceres, Reparto Galá, Santo Domingo, República Dominicana. Las informaciones manejadas tendrán base y aplicación en el período de tiempo comprendido entre mayo y septiembre del año 2014.

Planteamiento del Problema

En el embotellado de líquidos, principalmente en la industria alimentaria, la implementación de máquinas para automatizar los procesos constituye un referente para la presente investigación.

Esto es debido a que se han logrado avances significativos en el diseño de equipos que controlen, inspeccionen y midan la calidad de los productos semi-elaborados, productos en tránsito y productos terminados. En muchos casos, las imperfecciones encontradas en los productos en proceso son corregidas al momento de la inspección; en otros, según los valores obtenidos al realizar inspecciones de calidad puede que sean desechados.

Como se conoce, Agua Planeta Azul, S.A. es una de las embotelladoras de agua potable más reconocidas en el país por los consumidores. Dicha empresa realiza varias inspecciones propias del proceso de embotellado

que son requeridas tanto a nivel interno para el control de calidad, como exigidas por las normas y regulaciones que rigen este tipo de actividad.

Sin embargo, durante el período 2013-2014, se han encontrado deficiencias en las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de la empresa. Las inspecciones siguen la misma metodología, y son realizadas por personal entrenado en el área para detectar las características no satisfactorias de los productos en proceso de fabricación.

Para conseguirlo los operarios emplean sus capacidades sensoriales, en especial, la vista y el olfato; a pesar de encontrarse en un entorno con baja iluminación y una fuerte presencia de ozono O₃.

A través de una observación detallada del proceso productivo se puede determinar que la principal deficiencia es la inseguridad de las inspecciones por ser realizadas manualmente y a través de criterios sensoriales por los operarios. Esto representa un margen de error demasiado amplio en la eficiencia de artículos terminados. Cabe destacar que las condiciones inapropiadas al momento de realizar las inspecciones afectan directamente al juicio de los operarios al momento de evaluar el estado conforme y no conforme de un producto.

Es por ello que se cuestiona la efectividad del mecanismo de inspección. Esta situación afecta negativamente la ejecución de las inspecciones internas de control de calidad, lo cual se refleja en las devoluciones de mercancía efectuadas por los consumidores.

Objetivos

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general:

“Proponer un diseño para la automatización de las actividades de inspección del proceso de embotellado en la empresa Planeta Azul.”

En concreto, la investigación que se presenta se acoge con la finalidad de establecer una propuesta va a permitir aumentar la eficiencia de las inspecciones o reducir el número de productos no conformes con un consecuente incremento de los volúmenes de producción implementando dispositivos autónomos.

Objetivos Específicos

- Detallar el proceso de embotellado de agua potable para la identificación de los puntos de inspección.
- Cuantificar el número de inspecciones requeridas del proceso de embotellado de agua potable.
- Identificar las leyes y normativas que regulan el proceso de embotellado de agua potable en República Dominicana.
- Identificar los equipos adecuados para la automatización de la inspección del proceso de embotellado de agua potable.
- Estimar el costo de automatización de las inspecciones en el proceso de embotellado de agua potable.
- Determinar los beneficios de la automatización de las inspecciones en el proceso de embotellado de agua potable.

CAPÍTULO 1: MARCO TEÓRICO

Al revisar sobre antecedentes vinculados al tema en cuestión, se encontraron diversas investigaciones que pueden utilizarse como un referente válido para el desarrollo de la presente propuesta de automatización. A continuación se abordarán aportes significativos a nivel internacional sobre el proceso de embotellado y procesos similares.

Para comenzar, estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Información y Tecnología (FTSM) de la University Kebangsaan Malaysia (UKM) diseñaron e implementaron un sistema automático de inspección visual del proceso de embotellado basado en controles lógicos programables PLC. Para lograrlo, se emplearon principios de automatización modular aplicada a sistemas de producción. En cuanto a la inspección visual, esta fue realizada mediante el uso de una webcam o cámara web y la reconfiguración de un PLC en base a tres decisiones comparativas. La utilización de estos equipos representó una mejora en la capacidad del sistema a un costo más económico. (Kurniawan, Ind. Comput. Depto., & Sulaiman, 2008)

A nivel regional, en Latinoamérica, se conoce sobre un trabajo de investigación titulado: “Automatización del Proceso de Llenado de Galones de Agua en Planta Purificadora de Agua”. En este caso, se aplica la automatización al proceso completo de enjuagado y llenado de los galones de agua. Las limitaciones de espacio exigieron el diseño de un módulo de acoplamiento que realizará ambas tareas. Un aporte relevante de esta investigación es la implementación de una interfaz gráfica, la cual es capaz de guardar los datos de producción, mostrarlos e imprimir reportes de acuerdo a las necesidades que se presenten. (Torres Hernández, 2009)

Mientras tanto, en el panorama nacional, no se encuentran datos de investigaciones relacionadas al presente tema. Ahora bien, existen

compañías establecidas en la República Dominicana que utilizan, o han utilizado, sistemas visuales para la inspección de productos alimenticios.

Por otro lado, ciertos antecedentes se encuentran un poco más apartados de las posibles consideraciones o alternativas para la propuesta del diseño. Con esto, se hace referencia a avances teórico-prácticos aplicados a la inspecciones de control de calidad dentro de la industria alimentaria.

Se destaca una propuesta sobre la combinación de sensores electrónicos, entre los que se incluyen sensores de visión artificial y una nariz electrónica o “e-nose”, para la caracterización de distintos tipos de aceite de oliva según sus propiedades químicas. Al igual, se menciona un trabajo de investigación que consiste en la utilización de la tecnología nariz electrónica para medir el grado de calidad de la producción del té verde. Dichas investigaciones fueron realizadas, respectivamente, por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales perteneciente a la Universidad de Valladolid, España; y por los ingenieros HunChun Yu y Jun Wang. (Hunchun Yu, 2007)

Los antecedentes arriba nombrados, no han resuelto el problema de la falta de la inspección automática del proceso de embotellado de la empresa Agua Planeta Azul, S.A.

La Automatización

Concepto

“La automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana”. El término automatización también se ha utilizado para describir sistemas no destinados a la fabricación en los que dispositivos programados o automáticos pueden funcionar de forma independiente o semi independiente del control humano. (Almazán, 2008).

También es posible definir la automatización como un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos que tratan de aplicar sistemas mecánicos, electrónicos y de bases computacionales para operar y controlar la producción. (Mopin p. , 2008).

Se debe destacar que automatizar es convertir ciertos movimientos corporales en movimientos automáticos o indeliberados. En palabras más centradas a la ingeniería se define como aplicar la automática a un proceso, a un dispositivo, entre otros. (R.A.E, 2014),

Básicamente este sistema procede mediante la utilización de captadores o sensores los cuales captan o reciben la información de las variables que se desean controlar, posteriormente esta información se convierte en una señal, que es comparado por los parámetros establecidos por medio de una computadora.

Esta metodología como disciplina de la ingeniería abarca más que un simple sistema de control, engloba la instrumentación industrial que comprende los sistemas de transmisión y recolección de datos, sensores y transmisores de campo, aplicación de software, supervisión y sistemas de control, simuladores en tiempo real como también controlar las operaciones y procesos en la planta.

Por consecuente, se puede decir que la automatización industrial no es más que la incorporación al mismo de un conjunto de elementos y dispositivos tecnológicos que posibilitan el control de los procesos anteriormente ejecutados por el hombre.

Historia de la Automatización

Para un mayor entendimiento de lo que envuelve la automatización, y dirigir este trabajo en la perspectiva correcta, es pertinente repasar los antecedentes que marcaron su evolución. A través de los siglos el ser humano ha construido máquinas que imitan el funcionamiento de las partes

del cuerpo humano. Los antiguos egipcios incorporaron brazos mecánicos a las estatuas de los dioses. Estas articulaciones fueron operadas por sacerdotes quienes argumentaban que el movimiento producido era inspirado por sus dioses. Por otra parte, los griegos construyeron estatuas que se apoyaban en el uso de sistemas hidráulicos para lograr la fascinación de los adoradores de los templos.

Desde la antigüedad, el hombre se ha sentido fascinado por las máquinas que se mueven por sí solas, y en la antigua cultura egipcia se les describió por primera vez como autómatas.

En la historia clásica, a los autómatas que mostraban un comportamiento similar al ser humano se les consideró animales míticos o dioses. En la Grecia de Aristóteles, aparecieron los primeros mecanismos que se movían a través de dispositivos hidráulicos, poleas y palancas. Pero no es hasta un gran lapso de tiempo cuando el perfeccionamiento de la mecánica permitió la elaboración de autómatas mucho más complejos. El primer autómata digno de mención fue el gallo de la catedral de Estrasburgo (construida en 1354) que aparece, al dar la hora, batiendo las alas y cantando.

Los siglos XVII y XVIII fueron la edad predominante de los autómatas, debido a que el desarrollo de mecánicas de precisión. Esto se revela claramente con la construcción de muñecos mecánicos que poseían características parecidas a las de los robots. Un logro destacado fue ejecutado por J. Vaucanson (1738) quien expuso en la ciudad de París una serie de autómatas como lo fue un pato que podía hacer las funciones del aparato digestivo como si fuera un ser viviente. Posterior a eso se construyeron varios músicos de tamaño humano a mediados del siglo XVIII. Se trataba de robots mecánicos diseñados para un propósito específico: La diversión.

A mediados de 1805 el suizo Henri Maillardet fabricó una muñeca mecánica que era capaz de hacer dibujos de alta precisión, en el funcionamiento de esta se utilizaban como el programa para el dispositivo una serie de levas.

Estos Inventos Mecánicos de forma humana marcaron el inicio del genio creativo del hombre.

A partir del siglo XVII, empezaron a aplicarse las ideas de los autómatas a las primeras máquinas de la industria textil. Desde ese momento se puede decir que había empezado la mecanización y automatización de los procesos industriales.

La era de los autómatas destinados a entretener a las cortes acabó pronto y las ideas plasmadas por ellos fueron recogidas por los industriales del siglo XVIII, que se dieron cuenta de la importancia de la automatización de las fábricas, es decir, la producción sin intervención humana.

La fabricación automatizada surgió de la íntima relación entre fuerzas económicas e innovaciones técnicas como la división del trabajo, la transferencia de energía y la mecanización de las fábricas, y el desarrollo de las máquinas de transferencia y sistemas de alimentación (McLuhan, 1996).

La mecanización fue el siguiente paso a la automatización. La simplificación del trabajo permitida por la división del trabajo también posibilitó el diseño y construcción de máquinas que reproducían los movimientos del trabajador. A medida que evolucionó la tecnología de transferencia de energía, estas máquinas especializadas se motorizaron, aumentando así su eficacia productiva. El desarrollo de la tecnología energética también dio lugar al surgimiento del sistema industrial de producción, ya que todos los trabajadores y máquinas debían estar situados junto a la fuente de energía. A mediados de 1920 la industria del automóvil cambió estos conceptos en un sistema de producción integrado. El objetivo de este sistema de línea de montaje era reducir los precios. A pesar de los avances más recientes, éste es el sistema de producción con el que la mayoría de la gente asocia el término automatización.

Desde ese momento se desarrollaron los elementos básicos que inciden en lo que llamamos la automatización de los procesos industriales: los sistemas

de control que permiten guiar el funcionamiento de las máquinas y las máquinas automáticas que realizan las operaciones de producción.

Control Automático

La automatización de los procesos industriales permitió abrir paso a la necesidad de almacenar la secuencia de operaciones con los tiempos de aplicación de las mismas. Se crearon diversos dispositivos, y entre los más corrientes destaca un cilindro al que se colocan piezas metálicas según la secuencia que se quiera programar.

A medida en que el tiempo fue pasando la utilización de dispositivos de este tipo se extendió relativamente rápido y en consecuencia a eso en diversas industrias, por ejemplo en las textiles. No obstante, Estos dispositivos poseían limitaciones importantes cuando se exige alta velocidad, diversos grados de movimientos, sensibilidad y reducido tamaño. Por estas razones a finales del siglo XIX se modificaron los dispositivos de control mecánico por otros basados en sistemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos.

Los primeros estudios sobre regulación automática (la incorporación de realimentación en los procesos) empezaron en el siglo XVIII, donde Watt (1769) diseño y aplico un regulador centrífugo de velocidad, en el control de máquinas que utilizaban como fuente de energía el vapor. A partir de este momento se utilizaron masivamente reguladores, pero pronto se detectaron problemas al querer aumentar la precisión.

Desde los comienzos de nuestro siglo hasta la Segunda Guerra Mundial la aparición de grandes sistemas de generación eléctrica y de industria química, acrecentó la demanda de sistemas de regulación y control. En este período los criterios de estabilidad de Routh y Hurwitz, de finales del siglo XIX, adquirieron gran importancia y además se empezaron a utilizar los reguladores del tipo PID (proporcional, integral y derivativo).

Máquinas Automáticas

Los primeros indicios datan de mediados del siglo XVIII y fueron elaboradas para ser aplicadas en la industria textil. Para 1802 M. Brunel elaboró una máquina que destinaba a la construcción de poleas, ésta realizaba todas las operaciones hasta obtener el producto terminado y tuvo mayor popularidad en el sector industrial por que redujo la cantidad de operarios a una décima parte.

El principio del transfer fue aplicado inicialmente por la compañía Waltham Watch en 1888, pero la primera máquina se utilizó en la industria del automóvil en 1924.

Posteriormente los procesos continuos pasaron a las cadenas de ensamblaje. Fue H. Ford (1913) creó una cadena de montaje de magnetos. Inmediatamente, gracias al éxito obtenido por la reducción de personal y la mejora de calidad del producto, aplicó la misma técnica al montaje de chasis de automóviles. Al cabo de poco tiempo, en 1920, la demanda de productos de alto volumen de producción se acrecentó, y definitivamente se implantó la cadena de ensamblaje como elemento imprescindible. A pesar de los avances más recientes, éste es el sistema de producción con el que la mayoría de la gente asocia el término automatización. Ya para mediados de 1930 su uso había tomado importancia en la industria automovilística y un corto tiempo después entró a formar parte de la industria de dispositivos eléctricos.

Ventajas de la Automatización

Las principales ventajas que posee la automatización son:

- Mejorar la productividad de una empresa reduciendo los costos de la producción y la calidad de la misma.
- Disminuye el riesgo de error humano.
- Reducir el contacto directo con el producto, una producción automatizada es más higiénica y evita casi en su totalidad riesgos de contaminación del producto.

- Optimizar el consumo de energía al eliminar las variaciones de voltaje.

En definitiva se tienen que implementar los sistemas automatizados para mejorar el desarrollo de cada empresa; haciendo énfasis en la competitividad del mercado, costos de producción y sistemas productivo.

Desventajas de la Automatización

Entre las principales desventajas de la Automatización, tenemos:

- Una de las grandes desventajas seria que al automatizar las tareas, no se necesite de tanto personal de trabajo y ocasione desempleos.
- No toda persona está capacitada para utilizar máquinas inteligentes.
- Incremento en la dependencia del mantenimiento y reparación.
- La implementación de estas tecnologías representa altos costos (García, 2010).

La misión de cada empresa es ser mejor cada día, esto implica que tiene que mejorar la calidad de sus procesos mediante la automatización de sus equipo; representando grandes inversiones aunque muchas veces esto no garantice que será la mejor empresa tanto nacional como internacional.

Tipos de automatización ¹

Se conoce que los sistemas de producción varían según el tipo de producto que se fabrique, las restricciones ambientales, normativas y operativas presentes, y a criterios propios de la empresa en cuestión. Por esta razón, existen diversos tipos de automatización que obedecen a las características del sistema de producción empleado.

Automatización Fija

Este es un sistema de fabricación en el que la secuencia de las operaciones está fijada por la configuración de los equipos que lo forman.

Se caracteriza porque: 1) Está constituida por una secuencia sencilla de operaciones 2) Necesita una inversión elevada en equipos especializados 3)

¹ (Rodríguez, 2013) Apuntes de Automatismo, UNAPEC.

Posee elevados ritmos de producción 4) Es muy inflexible, en general, para adaptarse a los cambios de los productos.

Automatización Programable

Sistema de fabricación en el que los equipos de producción están diseñados para cambiar la secuencia de operaciones a fin de adaptarse a la fabricación de productos diferentes. Se inició con las máquinas- herramienta con control numérico (conocidas como CNC) y los robots industriales.

Se caracteriza por: 1) Una gran inversión en equipos de aplicación general, como los propios sistemas de Control Numérico 2) La necesidad de cambiar el programa y/o la disposición física de los elementos para cada lote de producción 3) La existencia de un periodo de preparación previo a la fabricación de cada lote de productos distintos.

Automatización Flexible

Es una extensión de la automatización programable que da como resultado sistemas de fabricación en los que no sólo se pueden cambiar los programas sino que además se puede cambiar la relación entre los diferentes elementos que los constituyen. La automatización flexible ha dado lugar a los sistemas de fabricación flexible o FMS (Flexible Manufacturing Systems).

Automatización Integrada

Es un sistema de fabricación que integra el diseño asistido por computador (CAD), la ingeniería asistida por computador (CAE) y la fabricación asistida por computador (CAM) con la verificación, la comercialización y la distribución.

La automatización integrada suele recibir el nombre de CIM (Computer Integrated Manufacturing). Dado que en ella se automatizan, de forma coordinada, todas las tareas que forman parte del ciclo completo de proceso del producto, se la conoce también por las siglas TIA (Totally Integrated Automation).

Lean Manufacturing

Concepto

Se puede conceptualizar por Lean Manufacturing (en castellano “Producción Esbelta”) a la supresión del despilfarro, mediante una determina agrupación de herramientas (TPM, 5S, SMED, kanban, kaizen, heijunka, jidoka, entre otras.) para mejorar el proceso de elaboración concibiendo como desperdicios todas las acciones que no agregan un valor al producto. (Rajadell, 2010).

Esta ideología es orientada a la disminución de los llamados “7 desperdicios” (Sobreproducción, exceso de proceso, transporte, inventario, movimientos, defectos y tiempo de exceso).

Tipos de desperdicios

Se conceptualiza como desperdicio (Muda) a todo aquello que consume recursos y no contribuye valor para el cliente y los procesos. Es a la vez toda acción que se considere inútil o innecesaria. Para aportar a esto es incluso destacable que el no aprovechar todo el talento y el potencial de las personas que colaboran en la organización es también considerado como desperdicio. (Hubbard, 2010)

Entre los tipos de desperdicios más conocidos están:

Sobre producción: Se concibe este término al momento en que la coyuntura económica de la oferta de productos supera a la demanda.

Tiempo de Espera: Se entiende como tiempo de espera a la duración que tiene un producto hasta que comienza la operación.

Transporte: Es el traslado Movimientos innecesarios entre las etapas del proceso por medio de personas o componentes de producción.

Inventario Innecesario: Son las materias primas, productos terminados o trabajos en curso que no crean ningún valor añadido.

Movimiento Innecesario: Son los movimientos que no crean ningún valor al producto dentro del proceso.

Proceso Inapropiados: Se entiende como el sobre uso de los recursos productivos por medio de los procesos.

Defectos: Son los productos que por alguna razón dentro del proceso no cumplen con los estándares establecidos.

Talento Humano: Se entiende como el desaprovechamiento de las capacidades humanas para una operación relacionada.

Tabla 1-Tipos de desperdicios en Lean Manufacturing

Fuente: Elaboración Propia

Lean Manufacturing en la Republica Dominicana

En República Dominicana es cada vez más habitual la implementación de esta filosofía conocida como Lean Manufacturing. Varias empresas nacionales ya son partícipes de esta filosofía sobre todo en las Zonas Francas las cuales han acogido esta filosofía en su sistema de producción incrementando así la rentabilidad en US\$10 millones según Idionis Pérez, director del Instituto de Formación Técnico Profesional (INFOTEP).

Esta se conoce como una Metodología de trabajo simple, profunda y efectiva la cual se enfoca a incrementar la eficiencia en los procesos de las empresas.

Las empresas que ya han adoptado esta cultura rodean una cantidad de 60, las cuales han logrado elevar los niveles de producción, competitividad, creando una evolución en la misma empresa y por tanto aumentando la rentabilidad.²

Cabe destacar que esta cultura ha sido implementada en país mucho más desarrollados como lo es Estados Unidos para competir en Materia de Costos.

Por lo tanto, se determina que la incursión de esta filosofía puede aumentar el mercado competitivo de la República Dominicana ante otros países.

Según el presidente de la Asociación Dominicana de Empresas de Zonas Francas (ADOZONA), Aquiles Bermúdez, se destaca que desde finales de la década de los noventa, muchas empresas ubicadas en Zona Franca empezaron a Invertir en esta cultura con la finalidad de mejorar sus niveles de satisfacción y sobrevivir a los productos chinos en el mercado.

LCC (Costo de Ciclo de Vida)

Es una herramienta que permite estimar los costos totales de las alternativas de un proyecto para seleccionar el diseño que asegura la instalación de propiedad más baja de acuerdo a su función y calidad.

² (Nivar, 2011) Artículo Periodístico "Empresas apuestan al método 'Lean Manufacturing' en RD

Esto indica mediante una competencia de factibilidad las diferentes alternativas que compiten para adquirir, poseer, operar, mantener y, finalmente, disponer de un objeto o proceso, cuando cada uno es igualmente adecuado para ser implementado por razones técnicas.

Este tiene como objetivo la selección de alternativas que impactan tanto los costes pendientes y futuros. Compara opciones iniciales de inversión e identifica las alternativas de menor costo para un período.

Este análisis normalmente es aplicado para:

• Evaluación y comparación de diseños alternativos.
• Estudios de viabilidad económica.
• Proyectos de optimización de costos operacionales.
• Evaluación y comparación de estrategias de uso, operación y mantenimiento.
• Evaluación y comparación de reemplazos, rehabilitación o desincorporación de equipos.
• Optimización en la asignación de recursos para actividades de mejoras de equipos.
• Planificación financiera de largo plazo.

Tabla 2- Casos de aplicación del LCC

Fuente: (APDC, 2014) <http://www.pdcahome.com/>

Valor Actual Neto

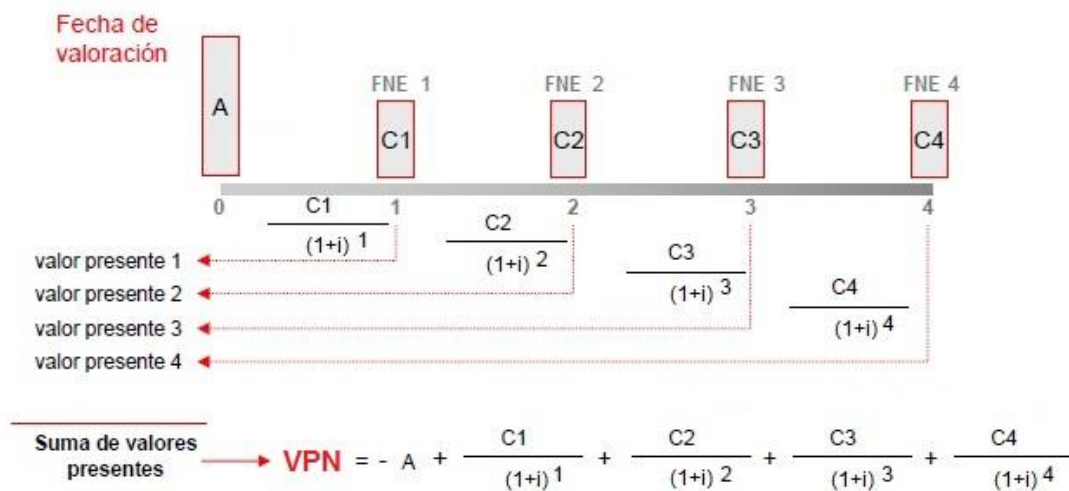
El VAN (Valor Actual Neto) es uno de los métodos de análisis más rentables y sencillos que permite evaluar proyectos con inversiones a largo plazo. Esta herramienta tiene dos razones principales que las hace conveniente a la hora de evaluar un proyecto: la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a pesos de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos.

Su objetivo radica en maximizar las inversiones envueltas en cada proyecto y verificar su rentabilidad a la hora de implementarlo.

Dentro de las variables que hacen esta herramienta dependiente están:

• La inversión inicial previa
• Las inversiones durante la operación
• Los Flujos netos de efectivo
• La Tasa de descuento
• El número de periodos que dura el proyecto.

Ilustración 1-Demostración de Flujo Financiero en VAN



Fuente: (Enciclopedia Financiera, 2013) <http://www.encyclopediainanciera.com/>

Efectividad

Este concepto consiste en el logro de los resultados programados en el tiempo y con los costos más razonables posibles. Supone hacer lo correcto con gran exactitud y sin ningún desperdicio de tiempo o dinero.

Una forma de calcular la efectividad identificar categorías comparativas entre dos o más elementos para su posterior evaluación por medio a una escala ponderada.

Evolución de la industria embotelladora del Agua en República Dominicana

La historia de las embotelladoras del agua en el país comprende una serie de sucesos que conlleva un orden cronológico:

La historia y la evolución del agua en el país registran una serie de acontecimientos que serán mencionados en orden cronológico:

El primer acontecimiento notable es que a mediados de 1942-1956 por motivos del sistema de vida imperante, se refirió por medio de la legislación el uso del agua por medio de la Ley No. 124 la cual abarca la distribución pública.

Posterior a eso y una década después los empresarios Dominicanos se vieron atraídos a ese segmento de mercado con la finalidad de incursionar en el negocio del agua Purificada embotellada para el consumo humano.

En 1966 sale al mercado Agua Niagara con presentación de botellón de 5 galones y un galón, casi simultáneamente se integra al mercado Agua Cristal, la cual se mantuvo por unas dos (2) décadas liderando el mercado y quien a diferencia del Agua Niagara permanece en el mercado ocupando uno de los primeros lugares en preferencia de los consumidores dominicanos, así fueron apareciendo e incursionando en el mercado otras marcas tales como: La Roca y Sana, en Santiago, la segunda ciudad de importancia en República Dominicana".

En 1988 toda las empresas se enfocaron en utilizar principalmente los sistemas de decantación, floculación, deionización, filtración y ultra filtración, todos estos procesos fueron en conjunto el sistema que permaneció durante todo ese tiempo, en el aspecto físico-químico, en consecuencia y con la

necesidad de eliminar contaminantes patógenos se implementó la utilización de cloro en cantidades controladas, lámpara ultravioleta y Zonación.

Se debe destacar que se utilizaron fueron para la distribución de los productos: camionetas y camiones preparados en compartimientos de madera para impedir el acercamiento de un botellón con otro ya que los botellones o garrafones que se manejaban en ese entonces eran de Cristal – Vidrio, y se rompían con gran facilidad.

En el mismo periodo y ya con un mercado en crecimiento el interés del estado para reglamentar y establecer mecanismos de regulación, supervisión, inspección y calificación de las empresas que participaban en la actividad.

En consecuencia a mediados de mayo de 1977, se promulga la Ley 602 cuyo principal objetivo fue establecer la Comisión Nacional de Normas y Sistema de Calidad; entidad que se convertiría en el organismo con facultad para certificar la calidad de los bienes de consumos, a través de la certificación y permanente supervisión, inspección y calificación de los sistema de producción establecidos en cada empresa.

Para desarrollar con eficiencia el cumplimiento de la misma Ley 602, se creó la DIGENOR (Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad), como una entidad auxiliar con la responsabilidad de establecer las normas para la producción de diferentes bienes de consumo y así Certificar y calificar los sistemas de producción dentro de las empresas de envasado de agua potable.

La República Dominicana actualmente tiene 12 empresas que son miembros de la Asociación de Embotelladores de Agua de la Región Latinoamericana y del Caribe del IBWA, (ALEA). (IBWA, 2013)

De acuerdo con información estadísticas confiables proporcionada por la Nacional Sanitation Foundation (NSF), existen alrededor de 180 plantas envasadoras de agua que han sido certificadas por la NSF, de esas

empresas certificadas cuatro (4) pertenecen a la República Dominicana. (NSF, 2012).

Agua Planeta Azul, S.A.

Historia de Planeta Azul

Agua Planeta Azul, S. A. fue fundada en la ciudad de Santo Domingo, Capital de la República Dominicana, en el año 1989, iniciando sus operaciones en octubre de 1990. Originalmente, la empresa se denominó Agua de Osmosis, C. por A, operándose el cambio de nombre en el año 1995.

El objetivo fundamental de nuestra empresa es el de incursionar en el mercado de agua purificada para el consumo humano, bajo la marca de fábrica Planeta Azul, debidamente registrada ante los organismos correspondientes del país y el extranjero.

Agua Planeta Azul, C. por A ha sido pionera en introducir en la República Dominicana el más innovador sistema de purificación de agua, llamado "Osmosis Inversa", que consiste en el paso de un líquido de una mayor densidad a través de una membrana para lograr un líquido de menor densidad, impidiendo que los elementos contaminantes pasen a través de la misma. Se basa en el proceso por el cual las células humanas difunden los líquidos entre los espacios intracelulares y extracelulares, separando y selectivamente previniendo el paso de ciertas moléculas (a través de una membrana semipermeable). Con este proceso todas las bacterias, minerales y toxinas peligrosas son eliminados y se obtiene un agua 99.9 % pura. Otras innovaciones de la empresa han consistido en:

- La introducción de los botellones o garrafones de policarbonato. Hasta ese momento, el mercado era servido en botellones de vidrio, con todas las consecuencias negativas que eso implicaba;
- El uso de exhibidores en los establecimientos comerciales y en otros puntos de apreciable concentración de personas, facilitando la

distribución de los botellones, que hasta ese instante eran distribuidos individualmente, en entregas domiciliarias;

- El diseño de las camas de los camiones para el transporte de los botellones, adicionándole mayor capacidad de carga al tiempo de convertirlos en objetos de promoción y propaganda.

Misión, Visión y Valores

Misión

Procesar agua para el consumo humano de excelente calidad, cumpliendo con los estándares nacionales e internacionales, contribuyendo a la preservación de la salud de nuestros consumidores, a través de un servicio eficiente y con un personal motivado, cuidadosamente capacitado y comprometido con nuestros valores.

Visión

Convertir a Agua Planeta Azul en una empresa orgullo nacional, ampliando sus horizontes mediante un ejercicio empresarial de acertadas estrategias, que consoliden el bienestar de nuestros socios internos y externos y confirmen nuestro liderazgo a través del tiempo.

Valores

- La excelencia en la calidad, nuestro mayor compromiso;
- Contribuir a preservar la salud de nuestros consumidores, con un producto de óptima calidad;
- Brindar un eficiente servicio;
- Superación permanente vía la capacitación;
- Innovación para perfeccionar nuestros bienes y servicios;
- Somos leales con nuestros principios éticos.

Filosofía

La filosofía de nuestra empresa puede ser sintetizada en una palabra: CALIDAD. Ese es el resumen de todos nuestros esfuerzos, que se ven

coronados con la puesta a disposición del consumidor de un producto de primerísima calidad, de forma permanente.

A los fines de dar cumplimiento a ese objetivo vital, hemos dado todos los pasos necesarios para dotarnos de las herramientas imprescindibles: Una infraestructura acorde con la magnitud de la empresa; un sistema combinado de purificación; laboratorios con tecnología de punta; rigurosa supervisión; personal altamente calificado y con experiencia, así como la inserción de la empresa en los principales foros nacionales e internacionales vinculados con su actividad.

Estrategias de distribución puestas en práctica por Agua Planeta Azul

Un canal de distribución es una estructura de negocios y de organizaciones interdependientes que va desde el punto del origen del producto hasta el consumidor.

Está formado por personas y compañías que intervienen en la transferencia de la propiedad de un producto, a medida que este pasa del fabricante al consumidor final o al usuario industrial. (C.A, 2006)

Para diseñar el canal se ponen práctica diversos tipos de estrategias, entre las que se encuentran, la intensiva, selectiva y exclusiva. Planeta Azul en cuanto a las estrategias utilizadas para su canal de distribución lo hace desarrollando a través de este canal, el cual se presenta a continuación:



Ilustración 2-Descripción del canal de distribución

Fuente: Elaboración Propia con datos facilitados por Planeta Azul

En este canal se puede observar que Planeta Azul cuenta con un distribuidor, que les vende a los intermediarios, a los clientes institucionales y directamente a los consumidores finales.

Ubicación y terreno

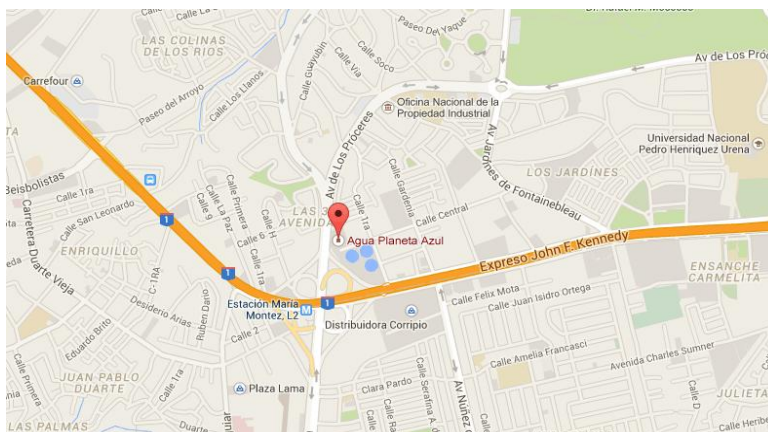


Ilustración 3-Ubicacion Planta 1 y Planta2 Agua Planeta Azul S.A

Ubicación de planta 1 y 2: Av. Central esq. Av. Los Próceres. Reparto Galá. Santo Domingo

Organigrama

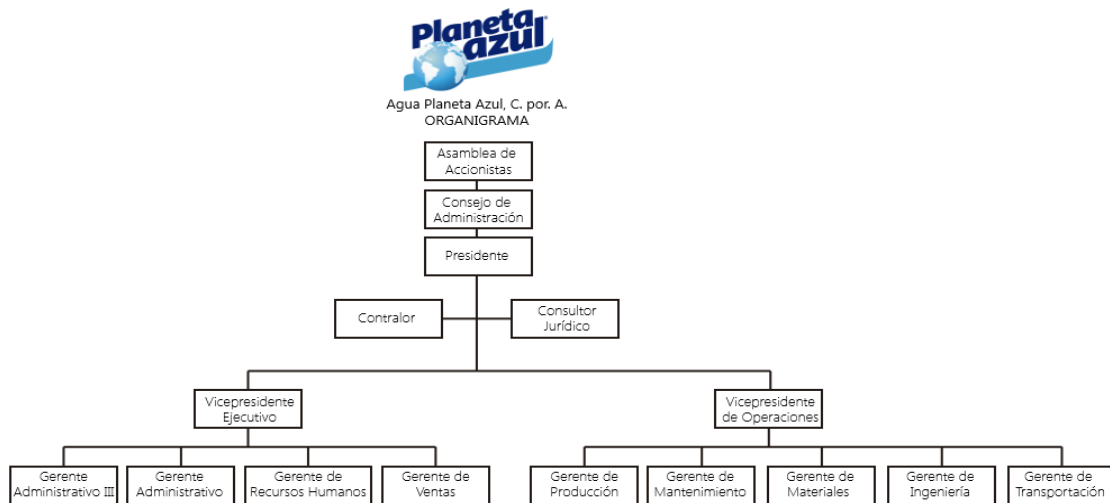


Ilustración 4-Organigrama Planeta Azul

Fuente: Suministrado por Agua planeta Azul S.A

Líneas de productos

Agua Planeta Azul, S.A. ofrece una serie de diferentes presentaciones para el agua potable embotellada.

Se encuentran los garrafones convencionales de 5 galones, hechos a base de un material plástico, los cuáles están dirigidos al consumo de familias, negocios, comercios, entre otros.

Otra de sus presentaciones se constituye en botellas de polietileno de 20 onzas. Este producto persigue ser de consumo individual, ya que ofrece una cantidad significativamente menor de agua potable y una mayor portabilidad.

Las botellas de 20 onzas pueden ser personalizadas para su venta en locales comerciales que deseen colocar un sello distintivo, logo o nombre en la etiqueta.

La presente investigación basará sus estudios en la línea de producción de los botellones de 5 galones (20 L).

Características del Botellón	
Capacidad	5 galones
Dimensiones (Cuello)	Diámetro Interior: 43.3 mm/ Diámetro Exterior: 55.1 mm
Color	Azul Translúcido
Accesorios	Tapón para botellón
Altura	486 mm
Diámetro Exterior	551 mm
Diámetro Interior	433 mm

Tabla 3- Características del botellón

Fuente: Elaboración Propia con Datos Suministrados de Agua Planeta Azul S.A

Los botellones son adquiridos por las embotelladoras de agua potable. Estas empresas compran botellones de 5 galones a fábricas de plásticos, ya que la compra –en comparación a la fabricación *in situ*- resulta conveniente al garantizar la disponibilidad de espacio en la planta embotelladora para otras actividades. Sin embargo, dado que el material de fabricación de los botellones es de gran resistencia, se pueden reutilizar en el proceso de embotellado hasta unas 35 veces según se aconseja.

Presentaciones del producto

Precio del producto

Los precios de venta para el consumidor de las diferentes presentaciones del agua Planeta Azul son los siguientes:

Capacidad del Envase	Precio/Lote	Tamaño del Lote	Precio Unitario[1]
16.9 Oz	RD\$ 125.00	20	RD\$ 10.00
24 Oz	RD\$ 110.00	12	-
1.5 L	RD\$ 220.00	12	RD\$20.00
4.11 L	RD\$ 170.00	4	-
1 Galón	RD\$ 155.00	4	RD\$ 42.00
1.75 Galón	RD\$ 210.00	4	RD\$ 47.00
5 Galones	RD\$ 45.00	1	RD\$ 55.00

Tabla 4- Precio de venta

Fuente: Suministrados por Agua Planeta Azul S.A

Planeta Azul utiliza una estrategia de precios orientada a la competencia, ya que fija la atención en lo que hacen los competidores. La razón de la selección de esta estrategia se debe a que en el mercado hay una gran cantidad de competidores lo que obliga a equiparar los precios, ya que este es un producto poco diferenciado.

Proceso de Purificación del agua en Planeta Azul

Para producir un producto confiable, Agua Planeta Azul toma en consideración los obstáculos representados por los agentes alterantes que se presentan en los tres elementos de contaminación del agua:

Turbidez: Es controlada mediante un proceso de filtración de agua a través de piedra caliza, arena y carbón activado. Este se inicia en el uso de grandes cisternas acumuladoras del agua servida por la fuente externa (acueducto) y su paso por tanques herméticos que permiten la toma de control sanitario por nuestro Laboratorio de Control de Calidad.

Dureza: Desde su concepción, fue decidido que Agua Planeta Azul sería un producto totalmente blando, o sea de dureza cero y medida un dígito de Sólidos Totales Disueltos (STD o TDS en inglés). Lo logró mediante un método conocido como Intercambio Iónico, el cual implica el uso de un tanque donde se ha colocado una buena proporción de resina sintética cargada con partículas del elemento sodio (Na^+). Cuando el agua pasa por el tanque, las partículas positivas de los elementos que la endurecen son canceladas por las partículas positivas del sodio.

El agua liberada es blanda, pero adquiere un sabor salobre y desagradable por el sodio. Como el tanque ablandador queda recargado de las partículas que el sodio desechó, es necesario prepararlo para un nuevo ciclo inyectándole a la resina una nueva dosis de sodio, en la forma de sal ($\text{Cl}-\text{Na}^+$) diluida en agua.

Otros contaminantes: Para eliminar el sodio que absorbe el agua en el tanque de ablandamiento, además de cualquier otro contaminante residual,

es necesario pasarla a través de una membrana sintética que tiene unas perforaciones muy pequeñas. Este sistema es similar al proceso natural de osmosis, donde un líquido de baja densidad pasa por una membrana para convertirse en un líquido de mayor densidad. Se le conoce como Osmosis Inversa, sin embargo, porque realiza lo contrario, es decir, pasa un líquido de mayor densidad por la membrana porosa, la cual retiene las partículas que no caben por sus orificios diminutos, obteniendo así un líquido de menor densidad.

Procesos finales: Aunque la osmosis inversa está diseñada para impedir con eficiencia el paso de todo tipo de virus, bacteria, hongo y demás, existen dos excepciones que escapa la membrana, que son las levaduras y las pseudomonas. Para garantizar la pureza del agua, nos vemos precisados a someterla además una lámpara a rayos ultravioleta (U.V.). Finalmente, el flujo del agua es sometido a un proceso de ozonización que esteriliza el líquido e impide su contaminación hasta el momento de ser ingerido. Una vez hace su trabajo, el ozono (O_3) descompone sus moléculas en átomos de oxígeno, los cuales se agregan en el agua de manera suelta, enriqueciéndola con un sabor particular, sutil y placentero.

Esterilización de los envases en Planeta Azul

El éxito a largo plazo de los procesos de purificación utilizados para Agua Planeta Azul depende mucho de la limpieza de sus envases. Para esterilizarlos, Agua Planeta Azul precisa de un sistema de recolección de los envases usados que permite mantener el control del manejo de los mismos. Tenemos un sistema de distribución que, mediante nuestros camiones, permite traer a la fábrica los envases que han sido entregados por los usuarios. El camión entrega su carga a un supervisor de carga y descarga.

Los envases son sometidos a una primera inspección visual y de olor. Si pasan la prueba, son enviados a la máquina de lavado pasando por un chequeo con lámpara fluorescente (chequeo seco). Si no presentan problemas, llegan hasta la máquina de lavado, la cual consiste de una

estructura de acero inoxidable que permite la colocación del envase con la cabeza boca abajo, para que un chorro de agua puntal haga su trabajo de limpieza.

A esto se agrega el uso de un detergente especialmente fabricado para limpiar el policarbonato, material principal de los envases. Todo recipiente introducido pasa por once estaciones, desde lavado a vapor hasta enjuague con el mismo tipo de agua que va a contener.

Cuando ha terminado el lavado, el envase es transportado, dentro de una zona aislada y ambientada con aire acondicionado positivo, hasta la máquina de llenado, para luego ser tapado y sellado herméticamente. En su paso al área de carga, el envase es codificado automáticamente, tanto en la parte posterior del cuerpo como en la tapa mediante tinta inyectada con rayos láser, cuya escritura señala el día, hora, línea y lote de producción, así como su fecha de vencimiento. Una máquina automática le coloca el sello de seguridad, debidamente adherido a la boca del envase al pasar por un horno de alta temperatura. Finalmente, el envase es llevado al área de carga y conducido a un establecimiento comercial.

Instituciones que avalan la calidad de Planeta Azul

Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad (DIGENOR): Organismo creado a través de la Ley No. 602, de mayo del año 1977, cuyo papel es el de establecer las normas de calidad para la producción de diferentes bienes de consumo y de certificar los sistemas de producción de las empresas dominicanas.

Agua Planeta Azul tiene el "Sello de Calidad DIGENOR", el cual es un reconocimiento a las empresas que dan estricto cumplimiento a las normas y los reglamentos de dicho Organismo.

National Sanitation Foundation (NSF INTERNATIONAL): Organismo no gubernamental sin fines de lucro que sirve de soporte a las diversas

instituciones como laboratorio de control de calidad. Su sello ha llegado a ser un símbolo de prestigio en todo el mundo. NSF es líder mundial en desarrollo de estándares, certificación de productos, educación y manejo de riesgos para la salud y seguridad pública. Desde 1944, NSF ha estado comprometido con la salud pública, la seguridad, y la protección del ambiente. Aunque mayormente enfocada en alimentos, agua, aire interior y el medio ambiente, la NSF desarrolla estándares nacionales y proporciona oportunidades de aprendizaje a través de su Centro para la Educación de Salud Pública.

La NSF se reconoce extensamente por su maestría científica y tecnológica salud y ciencias ambientales. Su personal calificado incluye ingenieros, químicos, toxicólogos y profesionales de salud ambientales con amplia experiencia en organizaciones públicas y privadas. La marca del NSF se reconoce por su valor en el comercio internacional alrededor del mundo y es respetada por las agencias reguladoras locales y estatales. Es aceptada y avalada por la Food & Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos.

Agua Planeta Azul ha logrado el sello de "Excelencia en la Calidad", al obtener calificaciones siempre superiores a los 97 puntos, en las inspecciones anuales efectuadas por la rigurosa y exigente institución.

Consejo Internacional de Asociaciones de Embotelladores de Agua (ICBWA): Asociación que representa la industria mundial de agua embotellada. Fundada en 1958, incluye miembros de Estados Unidos al igual que embotelladores, distribuidores y suplidores internacionales.

ICBWA desempeña un papel activo en todos los niveles gubernamentales que asisten en el desarrollo de estrictas regulaciones para asegurar la calidad posible y el nivel más alto de seguridad en los productos de agua embotellada.

La misma requiere que cada planta miembro de la Asociación sea sometida a una inspección anual sin previo aviso, donde los equipos y procedimientos

son medidos en comparación con el código modelo de la ICBWA, el más exigente en la industria.

LABWA³, subdivisión de ICBWA para América Latina, otorgó a Agua Planeta Azul un Certificado de "Excelencia a la Calidad Internacional", por haber cumplido con todos los requisitos establecidos por esa Asociación a nivel mundial por la industria de agua embotellada. Agua Planeta Azul es la primera empresa dominicana que, siendo auditada por la NSF, recibe tal distinción.

Sellos de seguridad de Planeta Azul

Envoltura de seguridad: En el cuello de nuestros botellones de 5 galones.

Código digital impreso: En la tapa de nuestros botellones de 5 galones y en el cuerpo de nuestros otros envases. Consiste en una impresión de tinta inyectada con rayos láser, cuya escritura señala el día, hora, línea y lote de producción, así como su fecha de vencimiento.

Identificación del producto

Etiqueta: Tiene un fondo azul claro que degrada a otro azul más claro en el fondo, no a blanco como antes. Verifique que nuestro logo esté correctamente representado. Evite las etiquetas con impresión dudosa o de baja calidad.

Envoltura de seguridad: En el cuello de nuestros botellones de 5 galones.

Tapas de los botellones de 5 galones: Tienen logo de Planeta Azul en alto relieve y código digital de producto impreso.

Razón Social de Agua Planeta Azul S.A

En sus inicios la empresa desarrollo una campaña educativa denominada "Prolonga la vida de tu planeta", esta fue dirigida de forma gratuita a colegios y escuelas del país.

³ Latin American Bottled Water Association

Por medio de recorrido por las instalaciones la participación en un taller dictado bajo las directrices de la UNESCO⁴, permite que los estudiantes aprendan sobre los procesos de purificación del agua, a la vez que obtienen consciencia acerca de la importancia que tiene, para el planeta, la preservación de los recursos naturales.

Certificaciones de Planeta Azul

Entre las certificaciones que validan la excelencia de esta empresa tenemos:

Ministerio de Salud Pública
Ministerio de Industria y Comercio
Cámara de Comercio y Producción de Santo Domingo
DIGENOR (Dirección General de Normas y Sistemas de Calidad)
PROINDUSTRIA
NSF (National Science Foundation)
Cristal América
LABWA (Latin American Bottled Water Association)

Tabla 5-Certificaciones Agua Planeta Azul S.A

Fuente: Información suministrada por empresa Agua Plante Azul S.A

Proceso de Embotellado

A nivel macro, la empresa se encarga de la purificación, envasado y distribución del agua. El proceso en su totalidad consta de las siguientes etapas o sub- procesos:

Para empezar, se realiza el proceso de filtrado, el cual consiste en el bombeo de agua a través de diferentes filtros; entre ellos filtros de grava y arena, para eliminar aquellos sólidos que se encuentran suspendidos en el agua. Se utiliza un segundo filtro de carbón activado, cuya función principal es la de eliminar sabores u olores no deseados en el agua. Posteriormente, el agua pasa del filtrado al suavizado. En este proceso un suavizador se encarga de reducir el número de impurezas en el agua a un número aceptable, el cual puede variar según las regulaciones de calidad implementadas.

⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura

Se realiza, después el proceso conocido como osmosis inversa. Este utiliza un último filtro para retirar las sales restantes por medio de membranas cargadas con pulidores de intercambio catiónico.

El agua ya purificada se almacena en tanques, o depósitos, normalmente elevados y cubiertos con material cerámico. Es necesario que el tanque esté tapado para evitar la contaminación del agua. El llenado de los botellones se realiza por gravedad, aprovechando así la altitud o elevación del depósito acuífero.

Antes de proceder al llenado de los botellones, es necesario utilizar lavadoras automáticas para higienizar los botellones. Esta fase se divide en dos secciones, una de lavado y una de enjuagado.

Una vez se culmina con el lavado, se efectúa el llenado por medio de una máquina llenadora, la cual puede ser de acción lineal o circular. Luego, por medio de la cinta transportadora, los botellones pasan al área de tapado. En esta se colocan tapas de material plástico mediante el uso de taponeras a presión. La primera para colocar la tapa y la segunda para fijarla. Estas tapas son esterilizadas antes de su colocación.

Por último, los botellones son etiquetados, codificados y trasladados al almacén o descargados en camiones para su distribución.

En la presente investigación se abordará el proceso de embotellado del agua potable, por este se entiende el conjunto de operaciones efectuadas desde la recepción de los botellones hasta el despacho del agua envasada.

Normativas de calidad

Codex Alimentarius

El Codex Alimentarius, o código alimentario, se ha convertido en un punto de referencia mundial para los consumidores, los productores y elaboradores de alimentos, los organismos nacionales de control de los alimentos y el comercio alimentario internacional. Su repercusión sobre el modo de pensar de quienes intervienen en la producción y elaboración de alimentos y quienes

los consumen ha sido enorme. Su influencia se extiende a todos los continentes y su contribución a la protección de la salud de los consumidores y a la garantía de unas prácticas equitativas en el comercio alimentario es incalculable. (OMS, 2014)

"Hoy en día, las normas del Codex son las normas de referencia para la inocuidad de los alimentos. No hay competencia", aseguró la Directora General de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Margaret Chan, al intervenir ante la Comisión del Codex Alimentarius, en su reunión anual. "Son reconocidas internacionalmente como las mejores, en cualquier punto a lo largo de la cadena alimentaria". (Härtl, 2013)

HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point)⁵

La República Dominicana es miembro y signatario de la Organización Mundial de la Salud. Por consiguiente ha de adoptar el Codex Alimentario, y las normas de calidad que de este derivan para asegurar y preservar la higiene de los alimentos y bebidas.

Como parte del Codex Alimentario se encuentra el HACCP, en ocasiones abreviado como APPCC, que en español significa Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control. Ésta es la filosofía de calidad utilizada por Agua Planeta Azul, S.A., cuyo cumplimiento es supervisado por la NSF (National Science Foundation).

El concepto de HACCP es un enfoque sistemático a la identificación, evaluación y control. La identificación de las amenazas y la evaluación de la severidad de estas amenazas y sus riesgos (análisis de riesgo) están asociadas con el crecimiento, cosecha, procesamiento/manufacturación, distribución, comercialización, preparación y/o el uso de productos vegetales o frutas. Las amenazas son una contaminación inaceptable, el crecimiento y la supervivencia de microorganismos.

⁵ Análisis de Riesgo y Puntos de Control Crítico (APPCC)

Muchos de los procedimientos para el control de microorganismos son administrados por el sistema HACCP de seguridad alimenticia. Desarrollado en la industria alimenticia desde la década de 1960, HACCP es un sistema preventivo que elabora características de control en el diseño de productos y en la producción. El sistema HACCP es utilizado para administrar amenazas físicas, químicas y biológicas.

El enfoque se describe en los siete principios desarrollados por el Comité Nacional sobre Criterio Microbiológico para las Comidas (NACMCF 1998):

Siete Principios Sobre Criterio Microbiológico para las Comidas
1. Conducir un análisis de amenazas e identificar medidas de control.
2. Identificar los puntos de control críticos.
3. Establecer límites críticos.
4. Establecer procedimientos de monitoreo.
5. Establecer acciones correctivas.
6. Establecer procedimientos de verificación.
7. Establecer procedimientos de documentación y almacenamiento de datos.

Tabla 6-Siete Principios Criterio Microbiológico

Fuente: Información recopilada de NACMCF

Cada planta de manufactura de alimentos debe tener un equipo HACCP para desarrollar e implementar su plan HACCP. El equipo es multidisciplinario, con miembros experimentados en operaciones de planta, desarrollo de productos, microbiología alimenticia, entre otros. Debido a su conocimiento de las instalaciones de manufactura y al equipo del proceso, los ingenieros son miembros importantes del equipo de HACCP. Ellos ayudan a identificar amenazas potenciales y sus respectivas medidas de control, implementan el plan HACCP, y verifican su efectividad.

Puntos Críticos de Control dentro del proceso

Como se indica en el HACCP, los Puntos Críticos de Control (PCC) son aquellas fases del proceso más susceptibles a sufrir algún tipo de contaminación. Es por ello que es necesario identificarlos para tomar medidas de prevención que mitiguen o minimicen dicho riesgo.

En el embotellado de botellones 5 gal de Agua Planeta Azul, S.A. se han identificado tres (3) PCC, dos de los cuáles se enmarcan en el objeto de estudio de la investigación. Como se muestra en la imagen, estos son las inspecciones de Lámpara Seca y Lámpara Húmeda.

CAPÍTULO 2: SITUACIÓN ACTUAL

Descripción de la situación – Proceso productivo

Al indagar sobre el proceso de embotellado en la empresa Agua Planeta Azul, S.A., se identificaron fases específicas con ayuda de los esquemas y diagramas suministrados por la Empresa. Para empezar, se reciben los botellones en Planta 1 a fin de reutilizarlos en el proceso. Allí se colocan en rampas, en las que los operarios de la línea seleccionan los envases en mejor estado y desechan aquellos que presenten alguna avería o anomalía perceptible. Los operarios colocan los botellones averiados en una cinta transportadora que los traslada a los depósitos de botellones rotos, (ver diagrama de distribución en planta en el anexo) o al área correspondiente; aquellos cuyas condiciones permiten su reutilización son transportados en el “metro”⁶ hasta la Planta 2. Este presenta un trayecto aproximado de 170 m.

A su llegada a Planta 2, los botellones son agrupados en una segunda rampa para su desmonte y para la posterior alimentación de las líneas de producción. Este trabajo es llevado a cabo por 4 operarios divididos en 2 secciones distintas. Una vez se colocan los envases en la línea de producción principal, estos se dirigen a un distribuidor que consta de cuatro (4) cintas transportadoras. De modo que a partir de este punto, se cuenta con cuatro (4) sub-líneas de producción.

En seguida, se realiza la prueba de “Lámpara seca”. Su nombre se debe al hecho de que los botellones no contienen o no han sido llenados con agua, y pasan en frente de unos paneles con luces fluorescentes para que los operarios se encarguen de inspeccionar su estado. Esta operación consiste en la inspección de los envases vacíos en búsqueda de olores extraños no deseados de solventes grasosos, como el Gasoil, o de irregularidades que pueden ser detectadas visualmente.

⁶ Nombre de cinta transportadora que comunica planta 1 y planta 2

Consecuentemente, las sub-líneas de producción se dirigen a las áreas de lavado, las cuales constan de un total de 4 máquinas lavadoras – una máquina por línea-. Cada lavadora cuenta con diferentes capacidades en cuanto a lavado de unidades por unidad de tiempo, o lote, se refiere. La máquina lavadora 1 y 2 cuentan con una capacidad operativa de 6 botellones por lote, la máquina no. 3 con 8 botellones por lote, y la máquina no. 4 con 10 botellones por lote. A pesar de sus diferencias de capacidad, cada máquina realiza el mismo proceso de lavado. Para ello, se aplican 11 chorros; de los cuales los primeros 6 consisten en una mezcla de agua caliente con detergente, a una temperatura de entre 40°- 80°C; los siguientes 4 chorros de agua son inyectados a temperatura ambiente y previamente filtrados; mientras el último chorro es agua tratada y apta para el consumo humano.

Luego, los botellones son transportados al área de llenado. Este proceso es de tipo semiautomático, ya que precisa la intervención parcial de los operarios para su ejecución. Dadas las características del proceso, es necesaria la inspección de la posición de los botellones con respecto a las boquillas de la llenadora por parte de los operarios.

La planta de producción dispone de cuatro llenadoras, de las cuales tres de ellas, son de tipo lineal y una es rotativa. Las capacidades de estas máquinas son de 16 botellones por cada 20 segundos (16 unid /20 s), y de 24 botellones por cada 10 segundos (24 unid /10 s), respectivamente. Cabe destacar, que en el caso de las llenadoras lineales, estas tardan entre 10-15 segundos adicionales al tiempo de llenado para liberar los botellones. Transcurrido este tiempo, los botellones son dirigidos al área de tapado. En esta fase, se utiliza una “taponera” que cuenta con dos puntos de presión, el primero coloca la tapa y el segundo se encarga de fijarla.

Una prueba similar a la lámpara seca es utilizada luego de la ejecución de estas operaciones. En esta ocasión se le denomina “lámpara húmeda” ya que los botellones están llenos de agua potable. Dos operarios se encargan

de inspeccionar el estado de los envases, ya sea que éstos no se encuentren debidamente tapados o que presente alguna anomalía en su contenido.

El siguiente paso, es colocar las bandas de protección en el cuello de los botellones, verificarlas y codificarlas de acuerdo al lote de producción. La verificación es realizada por un operario. A continuación, un horno en línea se encarga de calentar las bandas a una temperatura superior a 170°C para ajustarlas al cuello del envase y garantizar su protección.

Por último, los botellones se dirigen al área de descarga en donde son colocados en camiones para su despacho. La capacidad de los camiones oscila entre 350-1150 unidades. De manera esquemática se le aprecia de la siguiente manera:



Ilustración 5-Diagrama Esquemático del proceso

Fuente: (Elaboración Propia)

1. **Recepción:** Se reciben y se depositan los botellones a reutilizar en el almacén de planta 1. Los garrafones nuevos adquiridos directamente a la fábrica se almacenan en planta 2.

2. **Chequeo:** En esta sección del proceso se verifica las condiciones actuales del botellón de manera que se pueda decidir la readmisión de estos a la línea o el descarte permanente de los mismos. Los operarios de la línea se encargan de realizar el chequeo mediante evaluaciones de juicio basadas en el aspecto del envase.
3. **Colocación en cinta transportadora:** Esta parte del proceso comprende la comunicación entre las plantas de producción por medio de una cinta transportadora.
4. **Alimentación de líneas de producción P₂:** Tras la llegada de los botellones a la planta #2 los operarios de manera manual colocan los botellones en la línea de producción.
5. **Lámpara Seca:** Consiste en la examinación por medio de una luz fluorescente de los envases vacíos en búsqueda de partículas y olores extraños no deseados de solventes grasosos. (Para más detalle ver descripción de la ilustración #15).
6. **Lavado:** En esta operación se procede con la limpieza y purificación de los botellones por medio de chorros de diferentes tipos de agua con temperaturas disímiles.
7. **Inspección de posición en máquina de llenado:** Se realiza previo al llenado y consiste en verificar que los garrafones estén debidamente colocados antes del siguiente paso.
8. **Llenado:** En esta parte se ocupa por completo los botellones con agua lista para el consumo humano.
9. **Tapado:** Consiste en dos puntos de presión los cuales aseguran la fijación de las tapas en los botellones.
10. **Lámpara Húmeda:** En esta Inspección se asegura que el botellón no se haya maltratado durante el proceso y el agua no contenga

partículas flotantes (Para más detalle ver descripción de la ilustración #18).

11. **Colocación y Aseguramiento de Bandas:** En esta sección se imprimen y colocan los cintillos alrededor de la boquilla del botellón. En esta parte del proceso el operario verifica la correcta colocación de las etiquetas.
12. **Codificación:** Por medio de un verificador de código de barra se registra el botellón luego de ser etiquetado.
13. **Hornos en Línea:** Este paso consiste en calentar las bandas o cintillos a una temperatura por encima de los 170°C para su correcta fijación en el botellón.
14. **Llenado de Camiones:** Esta es la parte final del proceso en la cual los camiones son alimentados de acuerdo a su capacidad por 4 operarios, quienes se encuentran divididos en ambas secciones del furgón.

Indicadores de medición de desempeño del proceso de embotellado

Al momento de analizar el proceso de embotellado se determinaron distintos indicadores de desempeño. Los cuales entregan información cuantitativa respecto del logro o resultado en la entrega de productos (bienes o servicios). Sirven para describir cuán bien se están desarrollando los objetivos de la empresa, a qué costo y con qué nivel de calidad.

		<i>ICD</i>
<i>Proceso</i>		Tiempo que toma desmontar los camiones en rampa
		Tiempo de inspección de las botellas que llegan del exterior
<i>Proceso de embotellado</i>		Tiempo que duran los botellones en llegar a planta 2
		Distancia que se toman los botellones en llegar a planta 2
		Tiempo de duración de los puntos crítico de control
		Tiempo de lavado , llenado , colocación de tapas y etiquetado

Tabla 7-Indicadores de Desempeño en el proceso de embotellado

Fuente: Elaboración propia

Proceso de Embotellado

El proceso de embotellado se divide en una serie de operaciones las cuales pueden ser representadas por medio del Diagrama de Proceso de Operación. Este representa gráficamente un cuadro general de cómo se realizan procesos o etapas, considerando únicamente todo lo que respecta a las principales operaciones e inspecciones.

A continuación se puede apreciar cómo se representan los distintos procedimientos dentro del embotellado de agua potable en la empresa Agua Planeta Azul S.A.

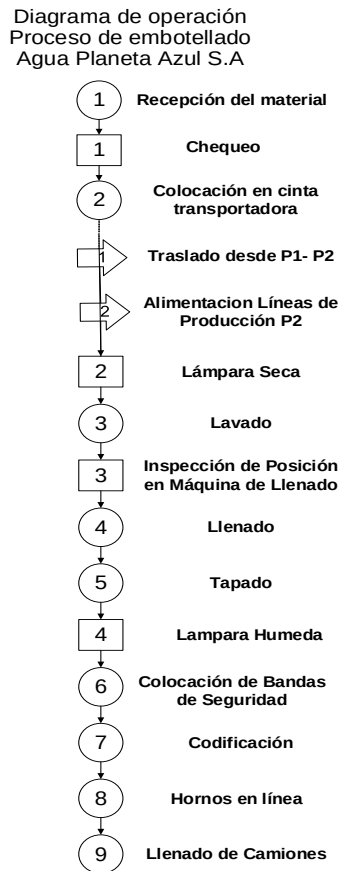


Ilustración 6-Diagrama De Operación Proceso de Embotellado

Fuente: (Elaboración Propia)

Una vez descrito el proceso de producción, se puede resumir en las siguientes etapas:

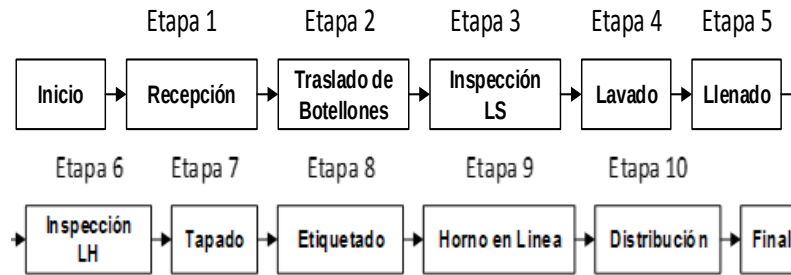


Ilustración 7-Etapas del proceso de producción

Fuente: Elaboración propia

En la figura 3 se puede observar que el proceso de producción de botellones de 5 galones se desarrolla en serie. Por tanto cualquier falla o demora en alguna de las etapas implica directamente sobre el resto del proceso.

Diagrama de decisiones en planeta Azul

Dentro del proceso de producción de botellones de 5 galones en Agua Planeta Azul S.A se presentan una consecución de pasos para llegar a un resultado final o Producto terminado. Estos están envueltos en una serie de decisiones que representa el proceso de concepción, la consideración de la información clave, la intervención de las partes interesadas y la gestión del calendario.

Es por eso que se representa por medio de un diagrama de decisiones que constituye un complemento útil a los esquemas de objetivos y de efectos. Este diagrama indica los puntos en que el proceso se ve envuelto en una encrucijada de la cual el producto en tránsito procede o retrocede dentro del sistema de producción.

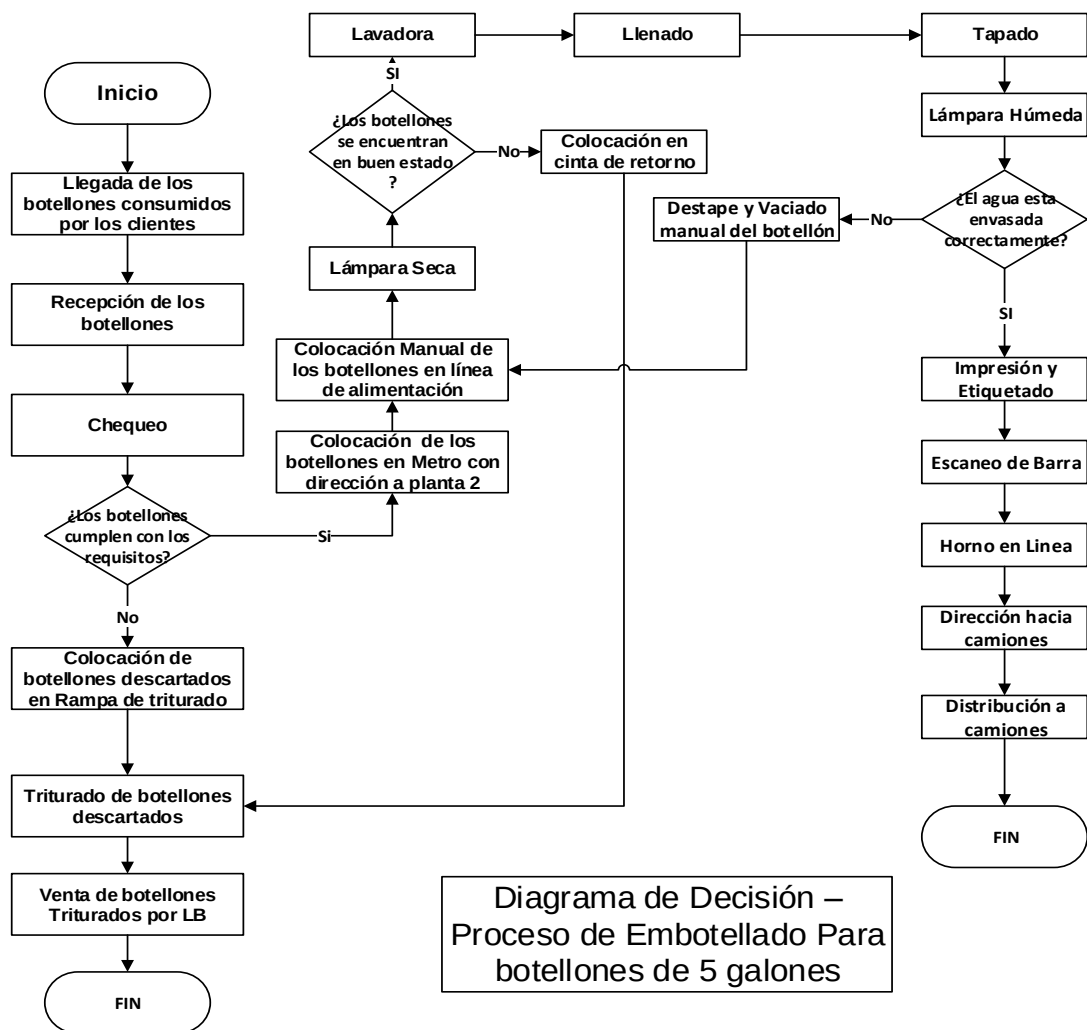


Ilustración 8-Diagrama de Decisión – Proceso de embotellado

Fuente: (Elaboración propia)

Descripción de los Equipos Principales

Los equipos utilizados en el embotellado de agua purificada en botellones de 5 galones dentro de la empresa Agua Planeta Azul S.A son de terminación propia de manera que las especificaciones actuales de estos equipos no fueron suministradas por los cambios producidos en la estructura actual de cada maquinaria.

Maquinas y Equipos	Cantidad	Descripcion
Panel de luz de inspección	8	Se utiliza para Ayudar a los operarios a visualizar partículas en los botellones
Lavadora y Enjuagadora	4	Lava y esteriliza el interior del botellon
Llenadoras	4	Llena el botellon con agua purificada
Taponera	4	Coloca La tapa por Presión
Impresora y etiquetadora de Código	4	Imprime y coloca los cintillos con un código
Banda Transportadora		Comunica los proceso dentro de la planta
Hornos en Línea	4	Se utiliza para ajustar la etiqueta al cuello del envase y garantizar su protección.

Tabla 8-Descripción y Cantidad de Equipos dentro de la empresa⁷

Fuente: Elaboración propia con datos suministrados de Agua Planeta Azul S.A

Panel de luz de inspección: El panel de iluminación es de acero inoxidable. Esta cuenta con una luz confortable, que no estimula los ojos, incluso después de un tiempo prolongado.

Cumple con las normas nacionales de salud, facilita la inspección de los Botellones para la identificación de impurezas, tales como partículas.

Lavadora y Enjuagadora: Esta cuenta con un alimentador automático de botellones que usa un sistema de cilindro neumático. Este envía el botellón hasta la enjugadora desde la banda transportadora. La cabida de entrada de los botellones varía en la empresa porque esta cuenta con 3 tipos de lavadoras. Las capacidades actuales son 6, 8 y 10 cada una alimentada por producción independiente.

Llenadoras: La empresa cuenta con dos tipos de llenadoras distintas que realizan la misma función pero con diferentes velocidades y capacidades.

Llenadora Lineal: En este tipo se necesita la el accionamiento de los operarios para comenzar el proceso. Esta Máquina semiautomática posee una cavidad de 16 botellones simultáneos con un tiempo de llenado de aproximadamente 20 segundos. Actualmente la empresa cuenta con 3 llenadoras Lineales.

⁷ Equipos dentro del proceso de embotellado de botellones de 5 gal en Agua Planeta Azul S.A

Llenadora rotativa: Adopta la presión de llenado. En la parte superior de la cabeza de llenado, un tanque de agua de llenado está instalado. La presión sobre este tanque se mantiene como una constante, para garantizar el proceso de llenado estable. Las características son de alta velocidad, sin fugas, ajustable y el nivel de agua constante. Esta máquina es automática y cuenta con una capacidad de 24 botellones simultáneos que son llenados en un tiempo aproximado de 10 segundos. La empresa recientemente ingreso esta máquina a su fuerza de producción.

Taponeras: Esta posee dos puntos de presión que fijan la tapa del botellón. Esta cuenta con un detector de movimientos que indica la entrada de los botellones a la maquinaria.

Banda Transportadora: El transportador es la parte que conecta todos las máquinas/equipos independientes. Está hecho de Acero inoxidable y por lo tanto posee de alta resistencia y durabilidad.

Impresora y etiquetadora de código de barras: Esta máquina consiste en la impresión y colocación del código cuando el botellón entra al sistema.

Horno en Línea: Esta Máquina calienta la etiqueta alrededor del cuello del botellón para su correcta fijación, el horno rodea una temperatura de entre 170°C a 190°C.

Distribución en planta (Layout)

Descripción general - Planta #1 y Planta #2

La empresa Agua Planeta Azul S.A tiene dos plantas de fabricación ubicadas en Av. Central esq. Av. Los Próceres. Reparto Galá. Santo Domingo.

Estas Plantas están conectadas por una cinta transportadora denominada dentro de la empresa como “Metro” que comunica la continuidad de los procesos desde la planta 1 hasta la planta 2.

Cada planta se especializa en diferentes tipos de productos, los cuales son distribuidos a las distintas zonas del país.

Se destaca que las diferentes áreas de la empresa están divididas entre estas dos plantas de producción. (Ver Anexo F)

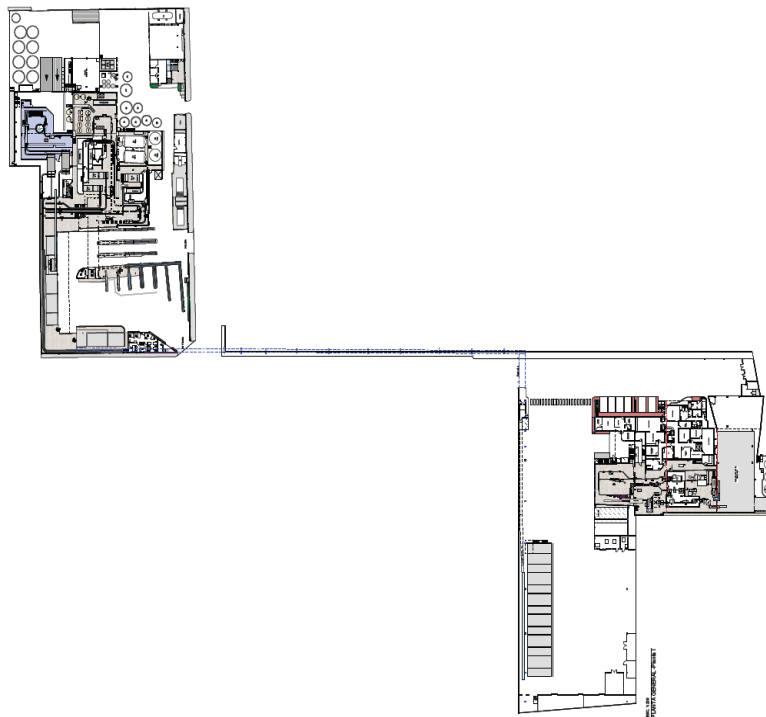


Ilustración 9-Layout Planta #1 Y Planta #2

Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul S.A.

Planta General #1- Producción de botellas



Ilustración 10-Layout Planta 1

Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul S.A

La planta #1 tiene como prioridad de producción la mayoría de presentación que tiene la empresa, entre los productos fabricados dentro de esta planta están las botellas de 16.9 oz, 24 oz, 1.5 l, 4.11 l y envases de mayor tamaño como lo son de 1 y 1.75 galones. (Ver Anexo E)

Esta planta tiene un área de almacenamiento de productos terminados donde se colocan los lotes de las diferentes presentaciones dentro de la empresa (con excepción del botellón de 5 galones).

Planta #2 – Producción de botellones de 5 galones

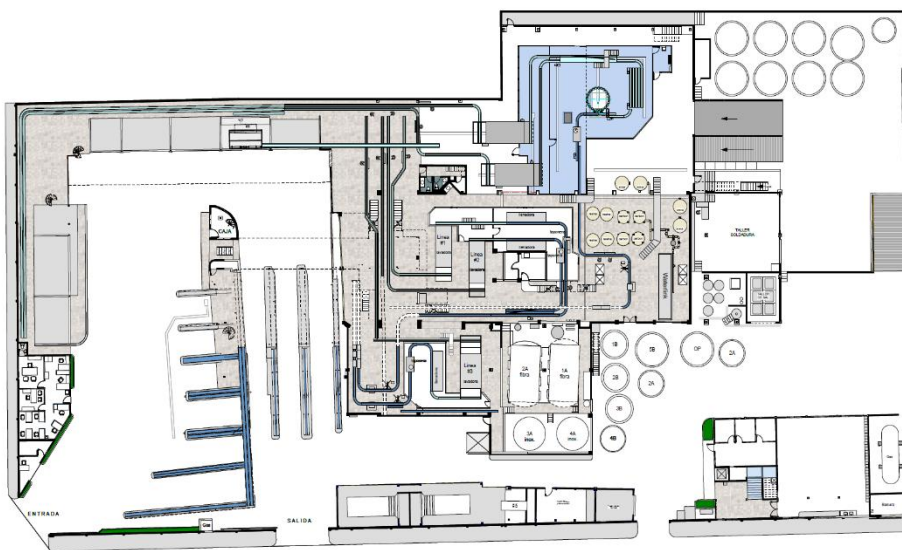


Ilustración 11-Layout Planta 2

Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul S.A

La planta #2 y el punto central del trabajo de grado tiene como producto principal la producción de botellones de 5 galones .

Esta planta no cuenta con un almacén de productos terminados sino que su política se basa en un justo a tiempo en el cual se producen la cantidad de pedidos designados por día de manera tal que reaccionan con la fluctuación de la demanda .

Los botellones que ingresan en esta planta lo hacen de dos maneras principales : La primera es por medio de la recepción de botellones utilizados por los clientes desde la planta 1 y que posteriormente a través de una cinta transportadora “Metro” llegan a planta 2 con una distancia alrededor de 170 metros. La otra manera es la integración de botellones nuevos por medio de la empresa que fabrica los mismo .(Ver Anexo D)

Análisis de la Situación Actual

Cursograma Analítico de proceso (Diagrama Analítico)⁸

La empresa muestra una secuencia cronológica de todas las operaciones dentro de la planta al momento de la elaboración de botellones de 5 galones. Estas actividades son registradas por medio de un cursograma analítico que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente.

Los símbolos que utiliza son los siguientes:

SÍMBOLO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
○	OPERACIÓN	Indica las principales fases del proceso. Agrega, modifica, montaje, etc.
□	INSPECCIÓN	Verifica la calidad y/o cantidad. En general no agrega valor.
⇒	TRANSPORTE	Indica el movimiento de materiales. Traslado de un lugar a otro.
D	ESPERA	Indica demora entre dos operaciones o abandono momentáneo.
▽	ALMACENAMIENTO	Indica depósito de un objeto bajo vigilancia en un almacén.
◻	COMBINADA	Indica varias actividades simultáneas.

Ilustración 12-Simbología de Cursogramas Analítico

Fuente: (Ávila, 2013) Departamento de Ingeniería. <http://ingenieriayeducacion.wordpress.com/>

Este diagrama es especialmente útil para poner de manifiesto costos ocultos, como: distancias recorridas, retrasos, almacenamientos temporales y los de manejo de materiales.

Una vez que se han registrado todos los períodos no productivos (demoras, almacenamientos, distancias recorridas), el analista puede proceder al análisis del proceso e idear el nuevo método. A continuación se representa el Cursograma Analítico de Proceso indicando todas las actividades que abarcan la manufacturación de botellones de 5 galones:

⁸ Es una herramienta que muestra la trayectoria de un producto o procedimiento señalando todos los hechos sujetos a examen mediante el símbolo correspondiente.

Cursograma Analítico de Proceso						
Cursograma Analítico de Proceso	Actividad	Actual				
	Operación					8
Actividad	Transporte					4
	Inspección					4
	Demora					0
Método Actual	Almacenamiento					0
Realizado por: José A. Mosquea y Luis Rodríguez	Tiempo	Símbolo				
Descripción	Minutos					
Recepción	00:02.2	●				
Chequeo	00:08.1					
Colocación en Cinta Transportadora	00:19.7	●				
Metro- Traslado	05:43.3					
Colocación en Cinta 2	00:01.2					
Transporte a Distribuidor	00:02.4					
Hacia punto de Inspección	00:25.9					
Lámpara Seca	00:53.1					
Botellones Rechazados	1					
Lavado	02:40.5	●				
Inspección de Posición en Máquina de Llenado	00:26.2					
Llenado	00:33.5	●				
Tapado	00:12.5	●				
Lámpara Húmeda	00:13.0					
Colocación/Codificación e Inspección de -Bandas de Seguridad	00:13.0	●				
Hornos en línea	00:17.5	●				
Llenado de Camiones	00:44.6	●				
Total	06:39.8	8	4	4	0	0

Tabla 9-Diagrama Analítico del Proceso

Fuente: Elaboración Propio

Al momento de la elaboración de este diagrama se tomó en cuenta que este proporcione una visión más amplia de lo que sucede y la relación que existe entre las diferentes operaciones.

Estos datos fueron obtenidos por medio de observación directa. Se puede determinar por medio del resumen analítico presentado posteriormente la cantidad de operaciones, transporte, inspecciones, demoras y almacenamientos que involucran el proceso.

Cursograma Analítico de Proceso				
Cursograma Analítico de Proceso	Actividad	Actual		
	Operación	8		
Actividad	Transporte	4		
	Inspección	4		
	Demora	0		
Método Actual	Almacenamiento	0		

Tabla 10-Resumen de Cursograma Analítico de Proceso

Fuente – Elaboración Propia

Estudio de tiempo

Luego de establecer un estándar de tiempo permisible para ejecutar una operación y tomando como base la medición del contenido del trabajo del método prescrito teniendo en consideración la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Se partió a registrar los tiempos característicos de cada actividad involucrada dentro del proceso de embotellado de agua purificada en botellones de 5 galones.

Tabla 11- Medición del Lead⁹

Medición del Lead ¹ Time- Proceso de Embotellado		
Realizado por	Elemento	Mediciones Tiempo Medido
Operario	Colocación en Cinta Transportadora	00:19.74
Máquina	Metro- Traslado	05:43.34
Operario	Colocación en Cinta 2	00:01.18
Máquina	Transporte a Distribuidor	00:02.43
Máquina	Hacia punto de Inspección	00:25.91
Operario	Lámpara Seca	00:02.30
Máquina	Hacia Lavadora	00:01.23
Máquina	Lavado	00:10.13
Máquina	Transporte a Llenadora	00:02.13
Máq./Op.	Llenado	00:49.20
Máquina	Hacia lámpara húmeda	00:24.96
Operario	Lámpara Húmeda	00:04.49
Máquina	Hacia Codificación	00:01.26
Máq./Op.	Codificación/Bandas de Seguridad	00:03.73
Máquina	Hacia Carga Camión	00:02.21
Operario	Carga a Camión	00:00.55
	Total	08:14.79

Fuente: Elaboración propia

Para medir el lead time de la línea de envasado, se procedió a resaltar la etiqueta de un botellón a fin de identificar su avance a lo largo de las distintas etapas del proceso.

Se analizó el proceso de embotellado mediante un estudio de tiempo realizado en fecha 1^{ero} de noviembre de 2014. En dicho estudio se contemplaron las actividades del proceso que mayor interés presentaban para el objetivo de la presente investigación.

Las mediciones de tiempo fueron efectuadas cinco veces, en cada operación, para obtener una mejor estimación del tiempo promedio. Por otra parte, el tamaño de lote a considerar fue de 10 botellones, a excepción de aquellas operaciones en que las máquinas presentaban una cantidad determinada, como es el caso de las máquinas lavadoras (6) y llenadoras.

⁹ El tiempo total requerido para la fabricación de un elemento, incluyendo el orden del tiempo de preparación, tiempo en cola, el tiempo de preparación, tiempo de ejecución, tiempo de transporte, el tiempo de inspección. <http://www.businessdictionary.com>

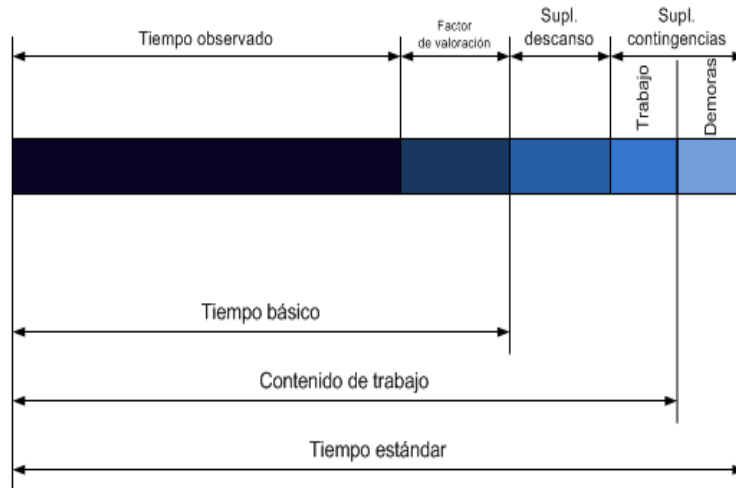


Ilustración 13-Relación entre tiempo observado y el cálculo del tiempo estándar

Fuente: www.ingenieriaindustrialonline.com

A raíz de los resultados del estudio, y de observaciones hechas en el transcurso del mismo, se observó que las operaciones de mayor duración fueron la de “lavado” y la inspección de “lámpara seca”. Sin embargo, la operación de lavado se realiza mientras los botellones están en movimiento y son trasladados al llenado, por lo que se entiende su duración no afecta directamente al proceso.

Por otra parte, se halló que la lámpara seca no opera de acuerdo a las exigencias actuales de producción. Esto se atribuye al hecho de que los botellones son desmontados en el curso de la operación por el personal y a la descarga de los envases de la cinta transportadora para su distribución posterior a las seis líneas de inspección.

Se detectaron, también, interrupciones previas al llenado en las máquinas lineales. Esto se debe a que es necesario inspeccionar la posición de los botellones antes de proceder al llenado, lo cual requiere detener la línea de producción.

Con respecto a la inspección de la lámpara húmeda, ésta mostró, ser una de las causas de flujo irregular en la línea de producción. La razón es que el operario en turno, en esa estación, debe de detener la línea para tener el

tiempo suficiente de maniobrar y retirar los productos no satisfactorios de la cinta transportadora. Según informó la Empresa, esta operación fue objeto de un proyecto interno de automatización con sistemas de asistencia visual que, posiblemente debido a los avances tecnológicos de la época, no era totalmente fiable; por lo que se descartó la posibilidad de automatizarla.

Tabla 12-Estudio de tiempo

Operación	Mediciones					Promedio
	1	2	3	4	5	
Lámpara Seca	00:49.30	00:52.41	00:51.65	01:02.00	00:50.02	00:53.1
Botellones Rechazados	0	1	2	3	1	1
Lavado	02:40.30	02:39.95	02:40.20	02:40.70	02:41.28	02:40.5
Llenado	00:33.35	00:27.87	00:23.35	00:23.10	00:23.40	00:26.2
Tapado	00:33.43	00:11.39	01:22.00	00:32.09	00:08.77	00:33.5
Lámpara Húmeda	00:13.25	00:12.55	00:12.49	00:12.88	00:11.26	00:12.5
Codificación - Etiquetado-	00:10.78	00:12.43	00:08.95	00:11.41	00:21.62	00:13.0
Colocación Bandas Seguridad	-	-	-	-	-	
Hornos en línea	00:23.86	00:19.50	00:14.09	00:16.35	00:13.54	00:17.5
Llenado de Camiones	00:54.42	00:37.36	00:44.31	00:49.96	00:37.04	00:44.6

Fuente: Elaboración Propia

Descripción de las inspecciones

El proceso se esquematizó en un cursograma analítico para visualizar de forma gráfica los diferentes tipos de operaciones existentes. En total se encontraron unas cinco (5) inspecciones. Estas fueron descritas mediante la elaboración de diagramas ilustrativos que muestran la interacción y la disposición espacial de los operarios y las máquinas, o equipos, utilizados. Dichas inspecciones fueron:

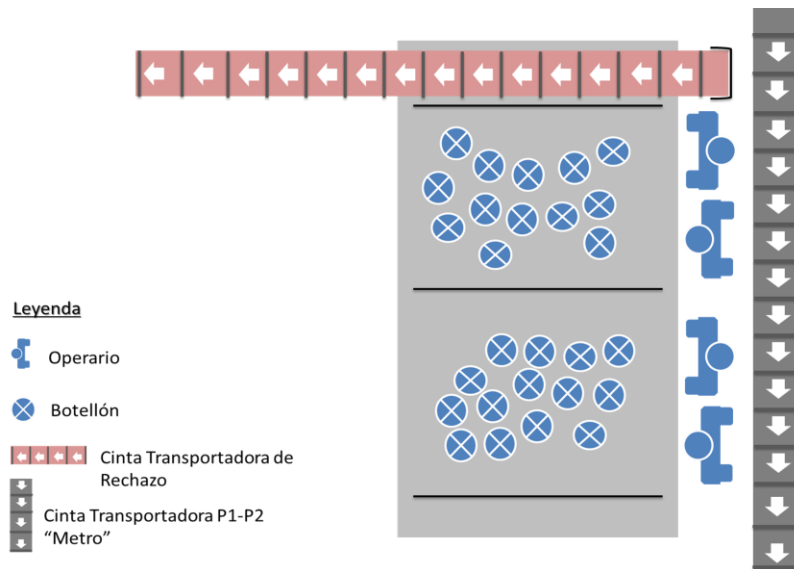


Ilustración14-Inspección en Rampa

Fuente: Elaboración Propia

Inspección en Rampa. Como se muestra en la figura los operarios se sitúan entre las rampas –depósitos de botellones a reutilizar- y el “metro” –cinta transportadora-. Una segunda cinta transportadora está colocada en dirección este-oeste para trasladar los botellones defectuosos, por rotura o contaminación, a los almacenes correspondientes para su tratamiento posterior. Es responsabilidad del operario inspeccionar cada uno de los botellones y tomar la decisión de colocarlos en el “metro” o en la cinta transportadora de rechazo según lo requieran las condiciones del envase.

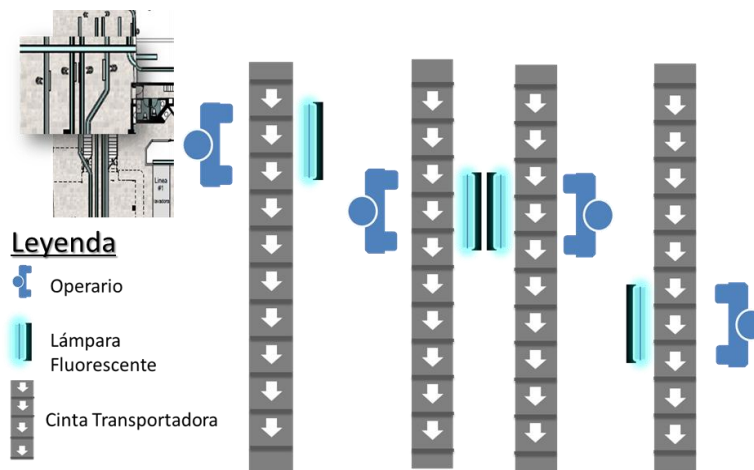


Ilustración15-Lámpara Seca

Fuente: Elaboración Propia

En la figura, se aprecia la distribución del espacio, operarios y artefactos necesarios para realizar la inspección.

Lámpara Seca. A su llegada a planta 2 (P2) los botellones son dirigidos a los distribuidores para cada línea de producción. Allí se someten a la inspección de la lámpara seca, con la que se persigue identificar olores extraños o averías físicas en el envase. Un total de 6 operarios realizan esta tarea –en la imagen se muestra la sección principal con cuatro operadores–.

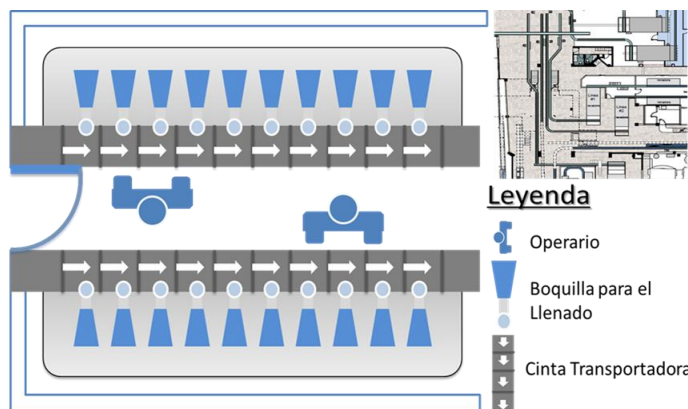


Ilustración 16-Inspección de Posición en Llenadores

Fuente: Elaboración Propia

Inspección de Posición en Llenadores. En el área de llenado, se presentan máquinas lineales y rotatorias. Se halló que existe otra inspección en las llenadoras lineales, la cual se ejecuta previo al llenado. Los operarios revisan las cintas transportadoras, o alimentadoras, de cada máquina lineal para asegurarse de que los botellones estén colocados en la posición correcta.



Ilustración 17-Posición Correcta de las Boquillas en Relación al Botellón

Fuente: Elaboración Propia

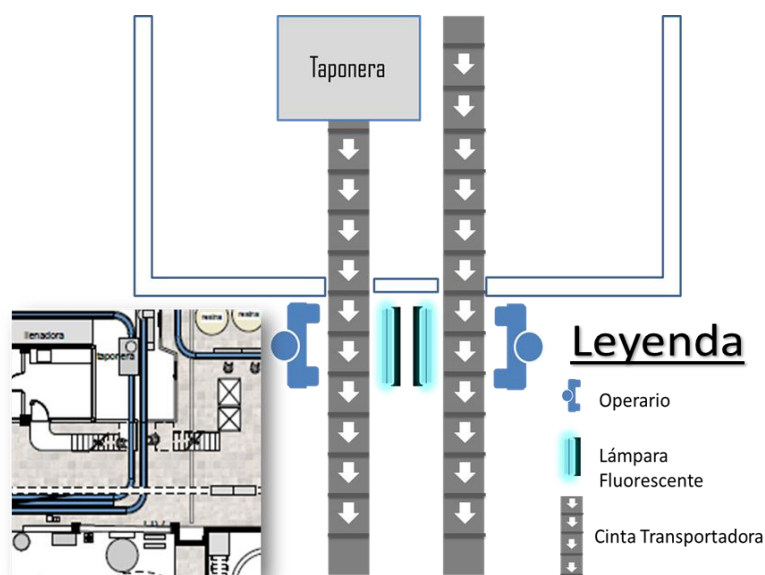


Ilustración 18-Lámpara Húmeda

Fuente: Elaboración Propia

Lámpara Húmeda. Esta inspección se realiza luego de finalizado el proceso de llenado. Sólo se cuenta con dos operarios que se encargan de inspeccionar el estado de los botellones en función de su apariencia y de la colocación correcta de las tapas plásticas. Si un botellón no cumple con las especificaciones dadas, es retirado de la línea por el operador. Este detiene el curso de la cinta transportadora para retirar el agua embotellada, lo cual ralentiza el proceso de producción.

La lámpara húmeda es uno de los Puntos Críticos de Control identificados por Planeta Azul, bajo la norma HACCP.



Ilustración 19-Inspección Banda de Seguridad

Fuente: Elaboración Propia

Inspección Banda de Seguridad. Consiste en una inspección-corrección inmediata. Se realiza luego de la colocación de las bandas de seguridad en el cuello de los botellones. Esta estación cuenta con un operario, quien es el responsable de inspeccionar que las bandas sean colocadas correctamente; y en su defecto, de colocar manualmente la banda de seguridad.

Análisis FODA

Al examinar la situación actual, se hallaron múltiples factores que afectan positiva o negativamente la propuesta de automatización en las instalaciones de la Empresa. La técnica utilizada fue el análisis FODA, el cual permite detallar tanto las características externas como internas involucradas. (Ver tabla a continuación).

Tabla 13- Análisis FODA

	Fortalezas	Debilidades
Características Internas	• Ingresos provenientes de múltiples clientes • Ampliación reciente de las instalaciones • Instalaciones dentro de la propiedad • Alto nivel de inversión • Innovaciones en la cartera de productos • Marca reconocida • Cumplimiento de las normas de calidad HACCP e ISO 9001 • Equipo multidisciplinario • Capacitación constante	• Poco espacio en la planta de producción • Métodos de Inspección tradicionales • Alto contraste en la utilización de máquinas múltiples con características diversas • Algunas devoluciones de productos • Carencia de un departamento de gestión de documentación • Extensión de las horas de trabajo debido a la productividad variable
	Oportunidades	Amenazas
Características Externas	• Demanda inelástica de los productos • Posibilidad de abarcar una mayor parte del mercado • Falta de innovación por parte de los competidores	• Equipos no encontrados en el mercado nacional • Interrupción de algunas actividades durante la instalación de los equipos

Fuente: Elaboración Propia

Análisis Interno

En el análisis interno se destaca el reconocimiento de la marca Planeta Azul en el mercado de consumo de agua potable a nivel nacional. Esta es una de las marcas de mayor demanda, lo cual se debe a la calidad de sus productos y al cumplimiento de normas y estándares como la HACCP y la norma ISO 9001.

Planeta Azul distribuye los botellones de 5 galones, principalmente, en la provincia de Santo Domingo y en las zonas norte y sur. Según informa la Empresa, no cuenta con ventas significativas en la región este por falta de canales de distribución. Sus ingresos provienen de múltiples clientes. En adición a la venta al detalle, diariamente se entregan grandes lotes de agua embotellada en zonas industriales, por ejemplo la Zona Industrial de Herrera; al igual que empresas comerciales.

Con respecto a sus instalaciones, se encuentran en terrenos pertenecientes a la empresa. A pesar de esto, el espacio físico y las opciones de expansión son limitados. Planeta Azul ha considerado la idea de ampliar las instalaciones para la incorporación de nuevas líneas de producción. Es por ello que, recientemente, se adquirió una propiedad que colindaba con la planta número dos. Allí se colocó una línea de producción adicional, y una máquina lavadora rotatoria.

Por otra parte, es posible considerar que el metro está ubicado en una zona externa a la propiedad de la empresa. Sin embargo, esto no afectaría la intervención de las áreas que son objeto de esta propuesta.

En cuanto al capital humano, la empresa cuenta con un personal multidisciplinario que se rota constantemente en las operaciones efectuadas en la planta de producción. En adición los operarios reciben capacitación periódica sobre el proceso en general con el objetivo de afianzar sus conocimientos.

Existen varias debilidades que pueden ser abordadas con respecto a la Empresa. Para empezar, se tienen restricciones de espacio en la planta de producción. Esto dificultaría cambios sustanciales en la distribución de los equipos en planta, si se llegase a requerir la inclusión de equipos de grandes dimensiones. De la misma forma, se conoce que los métodos de inspección utilizados en algunas partes del proceso son de tipo tradicionalista.

Por otro lado, se identificó la existencia de un alto contraste entre el desempeño de las distintas máquinas, lo cual se deriva del tipo de máquina y de su capacidad de operación. Ejemplo de esto, son las máquinas llenadoras. Planeta Azul cuenta con una máquina llenadora rotativa de flujo continuo, mientras las tres máquinas llenadoras restantes son de tipo lineal, y requieren de supervisión para que se efectúe el llenado.

Se informó, también, que la empresa presenta una cantidad de devoluciones por encima del 1%¹⁰ de los productos terminados. La mayor parte de estas devoluciones se dan por averías en el envase, o por desconocimiento del consumidor sobre el olor que emana el ozono cuando la temperatura baja considerablemente en el entorno. Por otra parte, Planeta Azul carece de un departamento de gestión de documentos. No obstante, la empresa pondera la posibilidad de crearlo de acuerdo con los lineamientos de la NSF.

Por último, se encontró que las horas laborales trabajadas suelen ser extendidas según lo requieran los volúmenes de producción diarios. Esta no es una situación ideal, ya que el personal puede verse afectado por este hecho.

¹⁰ Información Suministrada por la Empresa

Análisis Externo

En cuanto al análisis del entorno, es decir, de las características externas que afectan el desenvolvimiento de Agua Planeta Azul, S.A., se identificaron ciertas oportunidades y amenazas. Algunos de estos aspectos se relacionan, de forma más directa, con la propuesta de automatización que con la empresa misma.

Para empezar, la demanda del agua embotellada presenta, a nivel general, un comportamiento inelástico debido a la necesidad de su consumo por parte de la población. Sin embargo, existe la posibilidad de que Planeta Azul abarque una mayor parte del mercado, lo cual sería una consecuencia del incremento de su productividad. Otro de los factores a favor, es que hay una falta de innovación por parte de los competidores.

En el lado opuesto, se presentan amenazas para la implementación de la propuesta, mas no necesariamente para el diseño. Entre estas se cita que es probable no encontrar los equipos requeridos en el mercado nacional. Mientras que, ya en fase de implementación, se considera que algunas de las actividades del proceso tengan que ser interrumpidas para la colocación, instalación y testeo de las nuevas maquinarias.

Propuesta

Los resultados del análisis han sido ya abordados en el estudio de tiempo, medición del Lead Time y en el análisis FODA.

La propuesta, de forma específica, consistirá en la consideración de diversos equipos para automatizar la inspección de “lámpara seca”, y en la sugerencia de medidas que mejoren el desempeño del resto de las inspecciones. Para ello se darán a conocer las características de cada uno de los equipos. Esto se hará bajo el supuesto de que la automatización incide positivamente en el aumento de la productividad del proceso de producción.

Su evaluación se basará en las restricciones de espacio para su instalación, u operación; en el cálculo del Costo del Ciclo de Vida¹¹ (LCC por su siglas en inglés), y en la determinación de la conveniencia de inversión mediante el uso de ingeniería económica con el método del Valor Actual Neto¹².

Se recuerda que el objetivo de este estudio es diseñar la propuesta de automatización, lo demás han de ser aditamentos secundarios.

¹¹ El Cálculo del coste del ciclo de vida (LCC) es un análisis económico importante que se utiliza en la selección de alternativas que impactan tanto los costes pendientes y futuras. <http://www.fhwa.dot.gov/>

¹² Es uno de los métodos de análisis más rentables y sencillos que permite evaluar proyectos con inversiones a largo plazo

CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LOS RESULTADOS (PROPUESTA)

Propuesta de investigación

En este apartado se abordarán los aspectos que servirán de base para validar la propuesta de automatización. Para ello, se utilizará una estructura secuencial, descriptiva y explicativa sobre las máquinas a considerar, sobre su desempeño y el procedimiento o metodologías que permitan calcular su efecto en el actual proceso de embotellado de agua potable. Además, se plasmarán argumentos que justifiquen la automatización y el procedimiento utilizado, tomando en cuenta los beneficios que esta arroja desde el punto de vista económico, espacial y productivo.

Con respecto a las máquinas, su descripción se valdrá de las características facilitadas por los proveedores o fabricantes. Al igual, se indicarán los equipos que puedan ser implementados en el mecanismo de inspección de "lámpara seca". Por último, se ilustrarán de forma gráfica cuáles son los equipos para facilitar la comprensión de sus dimensiones y demás características.

Antes de proceder con los cálculos que demostraran cual es la mejor opción de inversión, se darán a conocer las razones específicas y generales, a nivel técnico, que justifiquen la automatización.

Seguido de esto, se explicará brevemente el modo de aplicación del LCC. Subsecuentemente, se detallarán las fórmulas y parámetros necesarios para realizar los cálculos. Para finalizar esta sección, se calcularán los costos de los equipos; los cuales serán mostrados en una tabla con el objetivo de establecer una comparación entre ellos.

También, se aplicará el método del Valor Actual Neto. Para empezar se introducirá el método y algunos conceptos pertinentes para su aplicación. Se detallarán varias opciones de inversión y su impacto a nivel monetario en la Empresa.

Para finalizar, se interpretarán estos resultados y se justificará la selección de las maquinarias desde un punto de vista económico.

Propuesta de Implementación

Inline (Sistema de detección de fugas en línea)

Modelo LDB 3

El sistema de detección de fugas con desplazamiento lateral para botellas de 3 y 5 galones. Se compone de un detector de fugas automático en botellas, un transportador y el eyector. El funcionamiento de los componentes del sistema está integrado a través del uso de un programable centralizado Lógico Controlable (PLC). Situado en el panel de control del detector de fugas, el PLC regula el flujo de las botellas a través del detector de fugas, sus pruebas y rechazar iones.

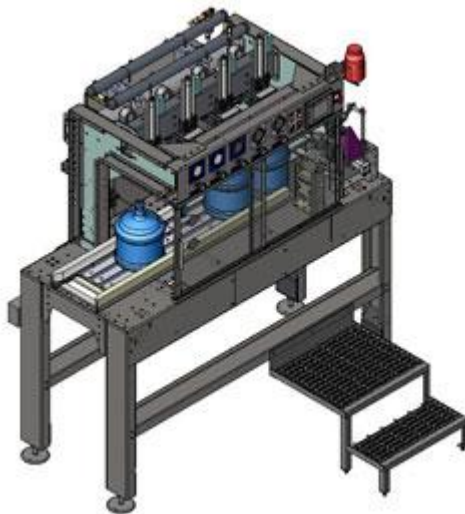


Ilustración 20-Sistema de Detección de fugas LDB3

Fuente: (RAM MECHANICAL INC., 2013) <http://www.ram-mechanical.com>

Estándar	Opcionales
Construcción de acero inoxidable	Capacidad de oler
Pies ajustables altura	Transportadora de eyector
Eyector de Botellas	Transportador de entrada extendido
Inicio de la altura del cinturón = 30 "(762 mm)	Transportador de salida extendido
Controles de 24V DC	Código de pintura para marcar botellas olfateadas y posteriormente rechazadas
	Izquierda y configuraciones disponibles de mano derecha
	Conformidad con CE

Tabla 14- Características generales

Fuente: (RAM MECHANICAL INC., 2013) <http://www.ram-mechanical.com>



Ilustración 21- Ajuste de cabecilla con cuello de botellón

Fuente: (RAM MECHANICAL INC., 2013) <http://www.ram-mechanical.com>

Tasa de Producción de la serie LDB

Las tasas de botellas se basan en una velocidad de transporte de 90 fpm (Feotes per minute)

Las tasas de producción están basados en un 95% de efectividad

Detección mínimo agujero = 0.01 "(0.26mm)

6 Cabezas	
Sólo prueba	3600
Prueba y Detección de olor	2580

Compuesto Químico	Concentración Alarma (PPM)	Verificación *
Queroseno	118	1 Gota
Gasolina	183	1 Gota
Diésel	118	1 Gota
Amoníaco	16.5	Por Determinar
Diluyente de pintura	155	1 Gota
Benceno	258	1 Gota
Iso-propanol (alcohol)	4435	6 Gotas
El etanol (alcohol)	4374	10 Gotas
Aditivos de sabor (p-cimeno)	55	1/3 Gotas

Tabla 15-Monto equivalente evaporado en una botella de 5 galones

Fuente: (RAM MECHANICAL INC., 2013) <http://www.ram-mechanical.com>

INSPECTO CANIS 220-CL

Sistema de detección Canis 220 de 2 estaciones, producción hasta 1000 botellas/h Detección de fugas combinado con inspector de productos extraños (sniffer¹³)

El sniffer posee 2 estaciones elevadoras con el detector químico También se detectan olores en el fondo de la botella debido a que los gases se fluidizan. La medición de fugas detecta agujeros análogos a un orificio de 0,6 mm con 100% de seguridad. La combinación única en su tipo de detección de fugas con el sniffer trabaja más rápido que otros detectores de fugas sencillos.

¹³ Término inglés utilizado para nombrar a las máquinas de detección química de contaminantes.

Descripción del funcionamiento para el Canis 220CL

La máquina posee 2 estaciones H1 y H2. Dos topes separados sujetan la botella introducida. Las 2 estaciones elevadoras descienden sobre la boca de la botella y se sellan.

La hermeticidad se comprueba mediante aire comprimido, simultáneamente se realiza el oliscado. El procedimiento dura 5 segundos. Cuando una botella se detecta como fuga o contaminada, se expulsa de la cinta a través del expulsor que sigue a continuación. Pueden ser detectadas fisuras y orificios como los que puede presentar una sección de una perforación de 0,5 mm. Debido a que el aire comprimido abre las fisuras, las fugas son ampliamente mayores que 0,5 mm. Fallos en las bocas de las botellas también generan fugas.

Los cabezales del sniffer del tipo C están equipados con sensores nuevos. Este sensor C fue verificado en Nestlé Waters Vittel PTC Water y comparado con los de la competencia. La sensibilidad para los contaminantes comprobados cumple los requisitos para la tarea del aseguramiento de calidad. La estabilidad es mejor que con otros sensores. Dos sensores por estación incrementan la fiabilidad prácticamente al 100%. La ventaja principal radica, en que no se necesita realizar mantenimiento en los sensores. Los sensores se sustituyen sencillamente tras 6 a 12 meses, para que siempre tengan la máxima sensibilidad. 4 sensores son más económicos que por ejemplo una lámpara UV en un sensor PID.

La velocidad de producción de la máquina Canis 220 CL está limitada a 1500 botellas/h, debido a la detección de fugas. Para mayores velocidades son posibles también 2 máquinas paralelas, pero también 4 estaciones en serie. (Ver tabla 20).



Ilustración 22-Diferentes vistas operativas de la Canis CL

Fuente: (Inspecto Automation AG, 2013) <http://www.inspecto.eu/>

Esta máquina combina la medición de fugas y detector de contaminantes. Es adaptable a reducidos espacios, posee mínimos costos de mantenimiento y un bajo precio de adquisición. Este equipo ha sido sometido a pruebas de campo y es capaz en 6 meses de identificar 350,000 botellas. La letra C significa que se ha instalado un sensor químico de mantenimiento reducido. L significa detección de fugas.

La máquina posee 2 estaciones. Puro husmeador para hasta 1500 botellas por hora.

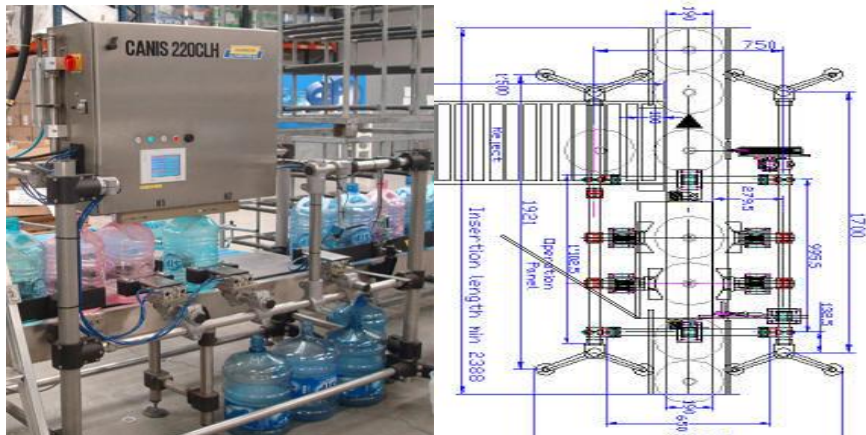


Ilustración 23-Diagrama Estructural de Canis 220 CL

Fuente: (Inspecto Automation AG, 2013) <http://www.inspecto.eu/>

Características y detección

Detección

Contaminaciones como gasolina, gasóleo, queroseno y naftalina. Diluyentes como acetona, diluyentes de lacas nitro celulósicas, tolueno¹⁴, diluyente de pinturas, amoníaco (NH₃), bebidas sin alcohol, bebidas cola, zumos de fruta, zumos de fruta fermentados, cerveza, alcohol y mucho más.

Sensibilidad para gasolina: 10 micro litros en una botella de 20 litros; 0.025% amoníaco; 0.1% Isopropanol¹⁵, 5 micro litros de tolueno.

La Canis 220 CL es un equipo muy efectivo y económico para la inspección de botellas.

Resumen de Características- Canis-220-CL
• Combina detección de fugas y olfateador
• Olfateador automático de botellas para refrigerador
• 2 Estaciones de medición
• Equipado con medición de presión/fugas
• 4 sensores de olfateador
• Velocidad de producción hasta 1500 botellas por hora

Tabla 16-Resumen Características Canis 220 CL

Fuente: (Inspecto Automation AG, 2013) <http://www.inspecto.eu/>

¹⁴ Hidrocarburo aromático usado como diluyente.

¹⁵ Alcohol usado como producto de limpieza y como disolvente en la industria.

Justificación

Debido al cuello de botella y demás hallazgos que afectan a la inspección de lámpara seca, se considera que la instalación de las máquinas mencionadas incidiría positivamente en el desempeño del proceso al mejorar la ejecución de esta operación.

Anteriormente, se identificaron los desperdicios generados mediante los criterios establecidos propios de la Manufactura Esbelta. Estos serían reducidos, o eliminados, como resultado de la automatización de los procesos.

Es así, como se incrementaría la productividad actual y la rapidez del proceso. De igual forma, sería posible eliminar pasos al remover el elemento humano. Y un logro más trascendental, podría ser la reducción de errores y desperdicios generados por el actual procedimiento.

Capacidad Operativa

En base al análisis de la medición de tiempos obtenidos, se procedió a calcular la tasa de producción ideal y estándar. Con ideal, se hace referencia al desempeño que tendría la línea de producción si no se presentaran retrasos o interrupciones en la ejecución de las operaciones. Mientras que se conoce como estándar al flujo medido del proceso.

Tabla 17-Producción Jornada Tradicional

Capacidad de Producción- Jornada Formal				
	Tiempos	Lote	Lotes/ Hora	Und/Hr
<i>Ideal</i>	2.3	1.00	-	1,565.22
<i>Estándar</i>	53.1	10.00	67.80	677.97

Horas Trabajadas/Día	Diaria	
8 hr	1 Línea	6 Líneas
	5,423.73	32,542.37
Mensual		
	1 Línea	6 Línea
	140,094.92	840,569.49

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Llámesse jornada formal a la duración establecida, conforme al código laboral, como el tiempo pertinente para un turno de trabajo diario. Se puede observar que dicha jornada consta de 8 horas de labor. Tomando como referencia este valor, se calcularon los volúmenes de producción diarios y mensuales inspeccionados en una y seis líneas, respectivamente.

Tabla 18-Producción Jornada Extendida 1

Capacidad de Producción- Jornada Extendida I				
	Tiempos	Lote	Lotes/ Hora	Und/Hr
<i>Ideal</i>	2.3	1.00	-	1,565.22
<i>Estándar</i>	53.1	10.00	67.80	677.97

Horas Trabajadas/Día	Diaria	
12 hr	1 Línea	6 Líneas
	8,135.59	48,813.56
	Mensual	
	1 Línea	6 Línea
	210,142.37	1,260,854.24

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Al hacer una investigación de campo en la planta de embotellado, se halló que la duración de la jornada no siempre cumple un período de ocho horas. Al contrario, con frecuencia la jornada es extendida de acuerdo a los volúmenes proyectados tras la planeación diaria de la producción. Como se puede apreciar en la jornada extendida I (ver tabla anterior), la duración alcanza un máximo de doce horas, cuando esta alternativa representa el último recurso en el cumplimiento de las métricas pre-establecidas.

Tabla 19-Producción Jordana Extendida 2

Capacidad de Producción- Jornada Extendida II				
	Tiempo	Lote	Lotes/ Hora	Und/Hr
<i>Ideal</i>	2.3	1.00	-	1,565.22
<i>Estándar</i>	53.1	10.00	67.80	677.97

Horas Trabajadas/Día		Diaria	
10 hr		1 Línea	6 Líneas
		6,779.66	40,677.97
		Mensual	
		1 Línea	6 Línea
		175,118.64	1,050,711.86

Fuente: Elaboración propia con datos de la empresa

Sin embargo, la forma de operación de la Empresa no presenta una duración estricta de doce horas diarias, sino que esta fluctúa entre un máximo de doce horas y duraciones inferiores a la jornada formal de ocho horas. Es por ello, que se tomó como parámetro de cálculo una segunda jornada extendida de diez horas. Entendiéndose esta como la producción habitual de la planta. (Ver valores en tabla anterior.

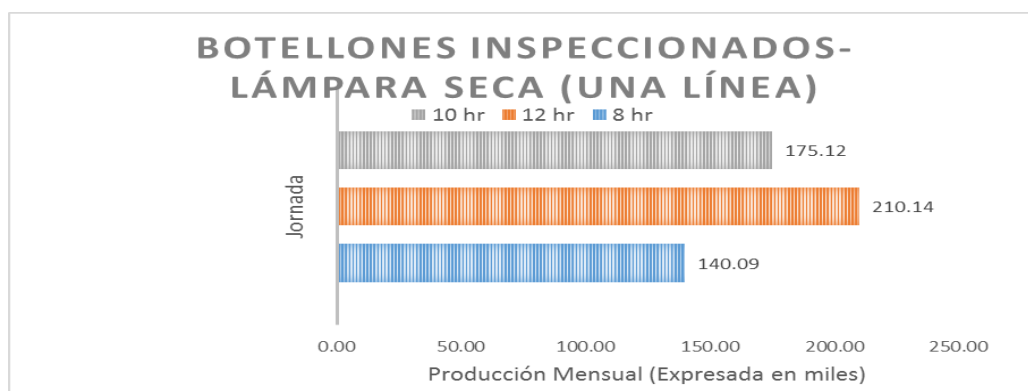


Ilustración 24-Gráfico de Botellones Inspeccionados Lámpara Seca (Una Línea)

Fuente: Elaboración Propia

En los gráficos mostrados en esta sección, se ilustra el comportamiento de la inspección de lámpara seca en cada una de las jornadas previamente expuestas. Para ello se utilizaron los datos estándares recogidos en el

estudio de tiempo. En el gráfico superior, se observa las cantidades de botellones inspeccionados mensualmente en una sola línea. Debajo, se muestra la misma tendencia al comparar el desempeño de las jornadas, pero esta vez para las seis líneas de inspección.

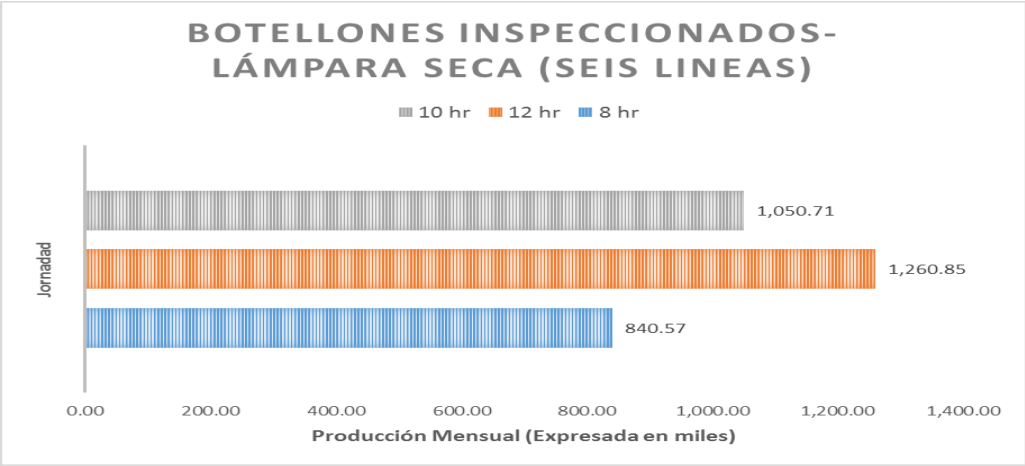


Ilustración 25-Grafico de Botellones Inspeccionados Lámpara Seca (Seis Líneas)

Fuente: Elaboración Propia

En contraposición al mecanismo actual de inspección utilizado en la prueba de “lámpara seca”, se compararon las tasas de producción de las máquinas previamente consideradas para su automatización. Los datos base para el cálculo fueron suministrados por los fabricantes. A partir de estos, se calculó la tasa de producción combinada al utilizar cuatro máquinas. Se contempló esta cantidad debido a que se deseaba cubrir la totalidad de las inspecciones realizadas por las seis líneas actuales.

Canis 220 CL			
Capacidad			
1 Máquina	4 Máquinas	Diaria	Mensual
1,500 und/hr	6,000 und/hr	48,000 und	1, 239, 840 und
LDB3 6 Head Side shift Leak Detector			
Capacidad			
1 Máquina	4 Máquinas	Diaria	Mensual
2,580 und/hr	10,320 und/hr	82,560 und	2, 132, 525 und

Tabla 20-Capacidades equipos de inspecciones

Fuente: Datos Suministrados por proveedor

Al observar la comparación, es posible notar que en ambas máquinas la producción sobrepasaría la capacidad del método tradicional, acercándose incluso al escenario ideal libre de retrasos mencionado anteriormente. En términos de capacidad operativa, se aprecia también como la máquina LDB3 supera el desempeño de la Canis 220 CL en más de 1000 und/hr, lo cual incide en una diferencia próxima al doble de unidades inspeccionadas diaria y mensualmente.

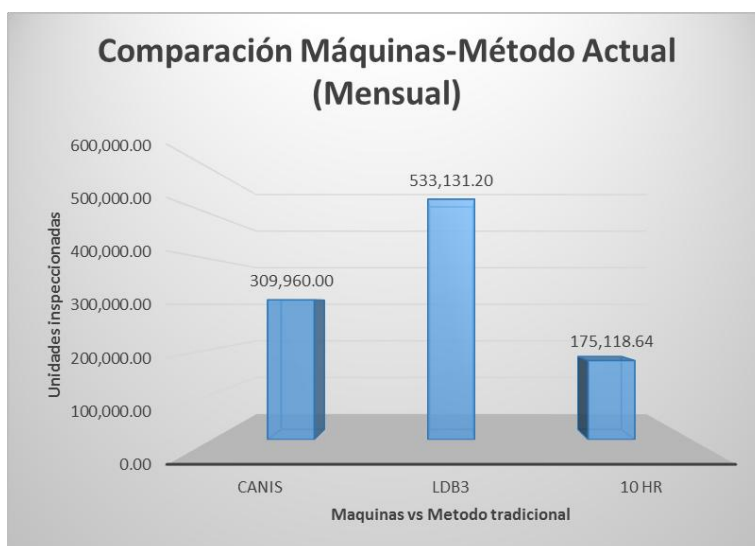


Ilustración 26- Gráfico Comparación Máquina vs Método actual

Fuente: Elaboración Propia

Al realizar una comparación gráfica de la capacidad de inspección resultante luego de introducir las máquinas en una línea de producción, se encontró que ambos sniffers presentan un desempeño superior al olfato del operario. Esta correlación se efectuó bajo las mismas condiciones para un período de un mes, a excepción de que la jornada utilizada para el cálculo de capacidad de cada máquina fue de ocho horas, mientras que en el tercer caso se realizó en base a diez horas.

Inversión y Factibilidad Económica

Con el propósito de seleccionar una de las máquinas descritas en la propuesta, se obtuvo información acerca de sus costos de adquisición e instalación. Estas cifras fueron suministradas directamente por los proveedores de los equipos. Se recuerda que estos son Inspecto Automation, con el *sniffer* Canis 220 CL; y Ram Mechanical, con el *sniffer* LDB3 6.

Canis 220 CL

Tabla 21-Tabla de conversiones Canis 220 CL

	Francos Suizos	USD	DOP
<i>Costo de Adquisición</i>	73,251.00	75,868.47	3,345,329.19
<i>Costo de instalación</i>	1,000.00	1,035.73	45,669.40
Total	74,251.00	76,904.20	3,390,998.59

Fuente: Elaboración Propia

Dado que Inspecto Automation se encuentra ubicada en Suiza, en la tabla superior, se señalan los precios facilitados originalmente por la compañía en su moneda local. Posterior a esto, se procedió a convertir la moneda en dólares estadounidenses (USD) y en peso dominicanos (DOP).

LDB3 6 Head Side shift Leak Detector

Tabla 22-Tabla de conversiones LDB3 6

	USD	DOP
<i>Costo de Adquisición</i>	110,523.1	4,829,859.00
<i>Costo de instalación</i>	1,224.2	53,497.00
Total	111,747.28	4,883,356.00

Fuente: Elaboración Propia

En el caso de la máquina LDB3 6, los precios se obtuvieron directamente en dólares de parte de la empresa estadounidense Ram Mechanical Inc., por lo que sólo se precisó su conversión a la moneda dominicana.

Costo del Ciclo de Vida

Para realizar el cálculo del Lyfe Cycle Cost (LCC), fue necesario determinar los costos involucrados en la adquisición y funcionamiento del equipo. Algunos de los costos fueron datos puntuales, mientras que otros requirieron ser calculados en base a ciertas métricas de desempeño.

Tabla 23-Sección I Canis 220 CL

Cic - Costos de inversion inicial	RD\$3,345,329.19
Ci -Costos de intalacion y comision	RD\$45,669.40
Ce - Costos Energeticos	RD\$251,175.47
DOP/Kw	9.65
KWh	2.10
Periodo de tiempo	5
hrs	12,398.40
Co - Costos operativos	RD\$630,000.00
Operario	10,500.00 RD\$
total de meses pagados	12
Periodo de tiempo pagado(años)	5

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla anterior se agrupan los costos de inversión inicial, costos de instalación y comisión, costos energéticos y costos operativos. Del mismo modo, en la tabla inferior, se muestra el costo de mantenimiento y reparación; posteriormente se calculó el LCC de la máquina Canis 220 CL, para lo cual se adicionó el valor de cada costo mencionado.

Tabla 24-LCC-Sección II Canis 220 CL

Cm - Costo de mantenimiento y reparacion	RD\$4,964.70
<i>Costo de Filtro de aire</i>	827.45
<i>Total de Filtros</i>	6
<i>Cantidad de Cambios anual</i>	1
Cp - Costo de parada y perdida produccion	N/A
Camb-Costo Ambiental	N/A
Cd -Costo de desmantelamiento	N/A
LCC	RD\$4,277,138.75

Fuente: Elaboración Propia

Al igual que en las tablas anteriores se determinaron los costos que representan la primera sección del LCC, en esta ocasión, de la máquina LDB3 6.

Tabla 25-Sección I LDB3 6

Cic - Costos de inversion inicial	RD\$4,829,859.00
Ci -Costos de intalacion y comision	RD\$53,497.00
Ce - Energy Costs	RD\$227,253.99
<i>DOP/Kw</i>	9.65
<i>KWh</i>	1.90
<i>Periodo de tiempo (años)</i>	5
<i>hrs</i>	12,398.40
Co - Costos operativos	RD\$630,000.00
<i>Operario</i>	10,500.00 RD\$
<i>Total de meses pagados</i>	12
<i>Periodo de tiempo pagado (años)</i>	5

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 25, se ilustra la sección II del cálculo del LCC para la máquina LDB3 6. En esta se observa el costo de mantenimiento y reparación, el cual se basa en los cambios de filtro anuales a efectuar con respecto al resto de los costos, estos no fueron considerados debido a que sus repercusiones son mínimas en el cálculo total del ciclo de vida.

Tabla 26-LCC-Sección II LDB3 6

Cm - Costo de mantenimiento y reparacion	RD\$4,964.70
Costo de Filtro de aire	827.45
Total de Filtros	6
Cantidad de Cambios anual	1
Cp - Costo de parada y perdida produccion	N/A
Camb-Costo Ambiental	N/A
Cd -Costo de desmantelamiento	N/A
LCC	RD\$5,745,574.69

Fuente: Elaboración Propia

En el siguiente recuadro, se muestra la comparación del cálculo del LCC para ambos equipos. La máquina LDB3 6, que antes presentó un desempeño técnico superior, también resultó ser más costosa que la Canis 220 CL.

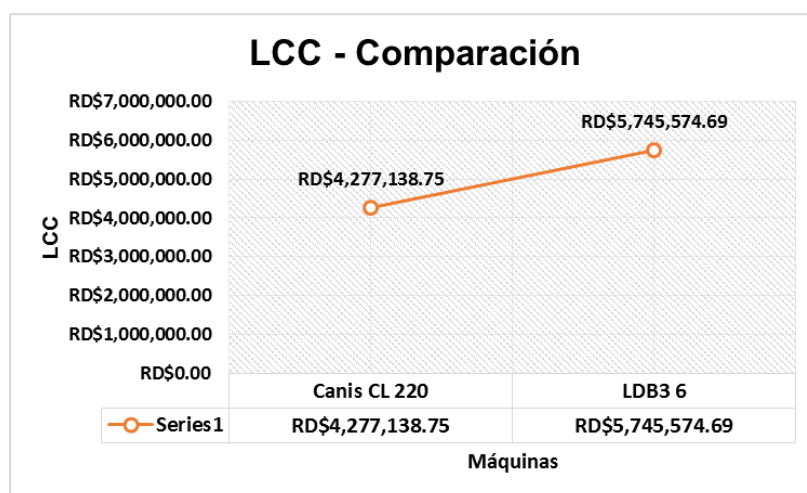


Ilustración 27- Gráfico Comparativo LCC

Fuente: Elaboración propia

Selección de Efectividad

Debajo se muestra la escala que se utilizó para la ponderación aplicada en el cálculo de efectividad. En esta se observa la correspondencia de los puntos asignados en relación a rangos porcentuales delimitados.

Tabla 27- Rango Porcentual de Efectividad

Rangos	Puntos
0-20%	0
21-40%	1
41-60%	2
61-80%	3
81-90%	4
>91%	5

Fuente: <http://www.planning.com.co/>

En el cálculo se identificó la efectividad de ambas máquinas, tras una comparación entre los dos equipos que consistió en el uso de una escala ponderada y parámetros determinados de evaluación.

La ponderación está basada en una evaluación positiva y negativa. Las características que representan la mejor elección son representadas con (+) y la peor con (-). En este cálculo solo se toma en cuenta la cantidad de valores positivos asignados para obtener el total; y en correspondencia a este, se obtiene un rango de efectividad determinado. (Ver tabla 27)

Cabe destacar, que se entiende como (+) aquellas magnitudes o características que son mayores en comparación a las características homólogas del otro equipo u opción de inversión. Esto, a excepción de la distancia del proveedor y al costo de inversión, ya que en el primer caso resulta más conveniente mientras menor es su magnitud, mientras que en el segundo caso, un costo menor es más atractivo. Por tanto una distancia más corta adopta un valor (+) y viceversa, caso que se repite con el costo de inversión.

Tabla 28- Cálculo Selección de Efectividad

Máquina	Capacidad Operativa	Costo de Adquisición	Distancia	Características Físicas	Retorno de la Inversión	Ahorro Anual	Total	Efectividad
Canis 220 CL	-	+	-	-	-	-	1	21-40%
LDB3 6	+	-	+	+	+	+	5	>91%

Fuente: Elaboración Propia

Valor Actual Neto de la Inversión

En la siguiente tabla se refleja la inversión necesaria en base al costo de adquisición en adición al costo de instalación del equipo. Este cálculo se realizó para un periodo de 5 años a una tasa del 14.5¹⁶%. De acuerdo, a los resultados obtenidos la inversión pagaría su propio costo en un periodo de 6 meses y 23 días para la Canis 220 CL.

Canis 220 CL

Tabla 29-Valor Actual Neto (VAN) Canis 220 CL

INVERSION	3,390,998.59 RD\$	AHORRO ANUAL		6,016,230.00 RD\$
	Tasa de descuento estimada del proyecto		14.5%	
Año	Flujo de caja	Acumulativo	Importes (Flujo de Caia) Actualizado	Acumulativo del Actualizado
0	(\$3,390,998.59)	(\$3,390,998.59)	(\$3,390,998.59)	(\$3,390,998.59)
1	\$6,016,230.00	\$2,625,231.41	\$5,254,349.34	\$1,863,350.75
2	\$6,016,230.00	\$8,641,461.41	\$4,588,951.39	\$6,452,302.15
3	\$6,016,230.00	\$14,657,691.41	\$4,007,817.81	\$10,460,119.96
4	\$6,016,230.00	\$20,673,921.41	\$3,500,277.56	\$13,960,397.52
5	\$6,016,230.00	\$26,690,151.41	\$3,057,010.97	\$17,017,408.49
		Sum (VAN) =	\$17,017,408.49	

Ahorro Anual¹⁷

Fuente: Elaboración Propia

Sin embargo en la LDB3 6 los resultados reflejados de la inversión pagarían su propio costo en un periodo de 3 meses y 24 días. Debido a que el VAN es mayor a cero, esta inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida.

¹⁶ Tasa Activa de inversión promedio en República Dominicana para el año 2014, según el Banco Central.

¹⁷ Ahorro anual de RD\$ 1, 275,750.00. Dicho ahorro se basa en el supuesto de la reducción de pago de las horas extras. (Ver Anexo I)

LDB3 6 Head Side shift Leak Detector

Tabla 30-Valor Actual Neto (VAN) LDB3 6

INVERSION	4,883,356.00 RD\$	AHORRO ANUAL		12,237,030.00 RD\$
	<i>Tasa de descuento estimada del proyecto</i>		14.5%	
Año	Flujo de caja	Acumulativo	Importes (Flujo de Caia) Actualizado	Acumulativo del Actualizado
0	(\$4,883,356.00)	(\$4,883,356.00)	(\$4,883,356.00)	(\$4,883,356.00)
1	\$12,237,030.00	\$7,353,674.00	\$10,687,362.45	\$5,804,006.45
2	\$12,237,030.00	\$19,590,704.00	\$9,333,941.00	\$15,137,947.45
3	\$12,237,030.00	\$31,827,734.00	\$8,151,913.54	\$23,289,860.98
4	\$12,237,030.00	\$44,064,764.00	\$7,119,575.14	\$30,409,436.13
5	\$12,237,030.00	\$56,301,794.00	\$6,217,969.56	\$36,627,405.68
		Sum (VAN) =	\$36,627,405.68	

Fuente: Elaboración Propia

En los dos casos, se cuenta con un ahorro anual de RD\$ 1, 275,750.00. Dicho ahorro se basa en el supuesto de la reducción de pago de las horas extras. (Ver Anexo I).

En adición a esto se agregan las ganancias por ventas las cuales son RD\$ 4, 740,480.00 para la Canis CL 220 y en cuanto al segundo equipo LDB3 6 es de RD\$ 10, 961,280.00. Dichos ahorros fueron calculados en base al aumento en la productividad, y al supuesto de una demanda que se corresponda con los volúmenes proyectados de producción. El precio de venta del botellón utilizado fue de RD\$ 45.00. Esto se multiplicó por la cantidad de botellones producidos por las máquinas, y se calculó la diferencia en ganancias obtenidas en relación a los métodos actuales. Todos los cálculos sitúan las capacidades de ambas máquinas en un 50 %. (Ver Anexo J y K).

Resultados

A lo largo de la investigación, se analizaron dos máquinas con características similares para la automatización de la inspección lámpara seca. Ambas máquinas cuentan con la tecnología necesaria para efectuar correctamente esta operación, y requieren de un esfuerzo mínimo de mantenimiento. Sin embargo, en la validación del estudio se presentaron diferencias puntuales con respecto a la capacidad operativa, al costo de los equipos y a los proveedores.

Para empezar, la Canis 220 CL, cuenta con una capacidad operativa de 1500 und/hr; mientras la máquina LDB3 6 inspecciona 2580 und/hr. Los dos equipos presentan seis boquillas que se colocan en el interior del cuello de botellón. Sin embargo, la LDB3 6 cuenta con paredes externas, las cuales no forman parte de la estructura de la Canis 220 CL.

El costo de adquisición de la Canis 220 CL es de RD\$ 3, 345,329.19, y el de instalación de unos RD \$ 45,669.40. En cuanto al segundo equipo, los costos de adquisición e instalación son de RD \$ 4, 829, 859.00 y RD \$ 53,497.00, respectivamente.

En lo referente a la inversión sobre el Costo del Ciclo de Vida (LCC), la Canis presenta un costo combinado de RD \$ 4, 277,138.75; mientras la LDB3 6, RD \$ 5, 745,574.69. Por otro lado, el análisis de rentabilidad mediante el método de Valor Actual Neto, arrojó valores de RD \$ 17, 017,408.49, en el primer caso; y RD \$37, 627,405.68, en el segundo. El ahorro de la inversión de acuerdo a este método es de RD\$ 6, 016,230.00 para la primera máquina y de RD\$ 12, 237,030.00 para la segunda, en ambos casos debido a la reducción en horas extra y ganancias por ventas. Por lo que el retorno de la inversión, se prevé realizado en un período de 6 meses y 23 días laborales para la Canis 220 CL, y 3 meses y 24 días laborales para la LDB3 6.

Además, los proveedores presentan ubicaciones geográficas distintas. Para el primer caso, Inspecto Automation (fabricante de la Canis 220 CL), está ubicado en la ciudad de Baden, Suiza; mientras que Ram Mechanical, se encuentra localizado en California, EE.UU.

CONCLUSIONES

El objetivo específico sobre detallar el proceso de embotellado para la detección de los puntos de inspección se cumplió en la primera fase de la investigación, es decir en la construcción del marco teórico. En dicho capítulo se describió de manera general y específica, cómo funciona el proceso de embotellado de agua potable, y se identificaron las inspecciones realizadas.

En cuanto al objetivo específico que trata acerca de la cuantificación del número de inspecciones, este fue alcanzado en el análisis de la situación actual. Se halló que el número de inspecciones es mayor al esquematizado por la empresa Agua Planeta Azul S.A. en los diagramas suministrados. En el proceso de embotellado se presentan un total de cinco inspecciones, de las cuales dos fueron identificadas en el análisis de la situación actual. Estas fueron nombradas como *Inspección de Posición en Llenadores* e *Inspección Bandas de Seguridad*. Se realizaron esquemas gráficos que describen la interacción máquina-operador en estas operaciones.

Con respecto a la identificación de las normativas y leyes que rigen el proceso de embotellado, se señalaron las normas HACCP e ISO 9001. Así mismo se hizo referencia a las instituciones encargadas de velar por su cumplimiento en la empresa Agua Planeta Azul, S.A.; en el caso de la primera norma, sobre la NSF.

En el transcurso de la investigación, se identificó que la inspección más factible para ser automatizada fue la de “lámpara seca”; debido a la forma en que esta afecta al proceso en general. Es por ello, que esta investigación se centró en dicha inspección.

Consecuentemente, se dieron a conocer las máquinas a evaluar para la automatización de la operación seleccionada. Estos fueron los sniffers Canis 220 y la LDB3 6. Con esto se cumple el objetivo específico de describir los

equipos adecuados para la automatización de la inspección del proceso de embotellado.

Partiendo de los datos arrojados por la propuesta de automatización, se señala que en términos de capacidad operativa la LDB3 6 supera a la Canis 220 CL en un 42%. En cuanto al costo e inversión, la LDB3 6 excede en un 26% al precio de la Canis. El retorno de la inversión presenta una diferencia de 3 meses, siendo el equipo de la Ram Mechanical, el que más tiempo tarda para cubrir el costo de su inversión. En adición a esto, la distancia de los proveedores con respecto a la compañía de aplicación, es significativamente mayor en el caso de la empresa Inspecto Automation.

Tabla 31 Resumen de Evaluación de las Máquinas Canis 220 CL y LDB3 6

<i>Máquina</i>	<i>Canis 220 CL</i>	<i>LDB3 6</i>	
Capacidad Operativa	1,500	2,580	Und/hr
Costo de Adquisición	3,345,329.00	4,829,859.00	RD \$
LCC	4,277,138.75	5,745,574.69	RD \$
VAN	17,017,408.49	36,627,405.68	RD \$
Ganancia en Ventas Anuales	4,740,480.00	10,961,280.00	RD \$
Ganancias y Ahorros del Proyecto	6,016,230.00	12,237,030.00	RD \$
Retorno de la Inversión	0.56	0.40	Años
Efectividad	21-40 %	>91%	-
Máquina Seleccionada	LDB3 6		

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla se muestra la comparación de los dos *sniffers* con los resultados obtenidos de los cálculos realizados durante la validación. Se observa que la efectividad de la máquina LDB3 6 sobrepasa casi en un 50% a la Canis 220 CL. Por esta y las razones anteriormente expuestas, se determina que la mejor opción de inversión para automatizar la inspección de “lámpara seca” es el equipo LDB3 6.

En definitiva, la elaboración de esta propuesta presenta varios aportes. Entre ellos, facilita la comprensión detallada de las inspecciones realizadas, asegura la higiene e inocuidad de la inspección de “lámpara seca”, incrementa la productividad y eficiencia del proceso en general, disminuye

desperdicios de movimiento innecesario, transporte, tiempo de espera y defectos. Además, se generan ahorros por la reducción de horas extras.

No obstante, se vislumbran oportunidades de mejora que no fueron cubiertas en el presente estudio, pero que se identificaron en su desarrollo. Es posible automatizar, o modernizar, las inspecciones de Posición en Llenadores y la de “lámpara húmeda” mediante el uso de equipos autónomos o de soporte para su ejecución. Estas mejoras podrían incidir en un incremento, aún mayor, de la eficiencia del proceso.

RECOMENDACIONES

En vista de las oportunidades de mejora, se sugiere lo siguiente:

- Considerar la instalación de una máquina LDB3 6 en una de las líneas de inspección como prueba piloto.
- Rediseñar la línea de producción en el punto de instalación de la máquina LDB3 6 para facilitar su acoplamiento al proceso.
- Elaborar un cronograma con las actividades a realizar previo a la instalación del equipo.
- Informar a los operarios sobre las especificaciones y los planes de instalación de la máquina.
- Dar seguimiento al desempeño de la máquina LDB3 6 luego de su instalación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua Planeta Azul, S.A. (2014). *Nosotros, Quienes Somos, Visión, Misión y Valores*. Obtenido de sitio web de Planeta Azul:
<http://www.aguaplanetaazul.com/>
- Almazán, I. B. (9 de abril de 2008). *Gestiopolis*. Obtenido de
<http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia-2/automatizacion-de-procesos-en-la-empresa.htm>
- Amancha Torres, I. J. (05 de mayo de 2014). *Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica*. Obtenido de
<http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/7362>
- APDC. (2014). *Analisis del coste del ciclo de vida*. Obtenido de
<http://www.pdcahome.com/ccv/>
- Ávila, M. I. (29 de Mayo de 2013). *Departamento de Ingeniería*. Obtenido de
<http://ingenieriayeducacion.wordpress.com/>
- C. Apetrei, I. A. (19 de 7 de 2010). *ScienceDirect*. Obtenido de
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267010000942>
- C.A, J. S. (2006). *Liderazgo y Mercadeo*. Obtenido de
http://www.liderazgoymercadeo.com/mercadeo_tema.asp?id=115#
- Dege, N. (2008). *Technology of Bottled Water, Third Edition*. Wiley-Blackwell.
- Enciclopedia Financiera. (2013). Obtenido de
<http://www.enciclopediafinanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm>
- Härtl, G. (2013). *OMS* . Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud:
http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2013/codex_alimentarius_20130702/es/
- Hubbard, B. (2010). *Muda, Mura, and Muri*. Obtenido de
<http://bobsleanlearning.wordpress.com/2010/01/14/muda/>.
- Huichun Yu, J. W. (21 de 1 de 2007). *Sciencedirect*. Obtenido de
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807002861>
- IBWA. (2013). *International bottle Water Association* . Obtenido de
<http://www.bottledwater.org/>
- Inspecto Automation AG. (2013). *Inspecto Automation AG*. Obtenido de
<http://www.inspecto.eu/canis-220-cl.php?lang=es>

- J.Maloney, T. (2006). *Electronica Industrial Moderna* (Quinta ed.). Mexico: Pearson Educacion.
- Kurniawan, D., Ind. Comput. Dept., U. K., & Sulaiman, R. (2008). *Design and Implementation of Visual Inspection System in Automaticc Bottling System Based on PLC*. Kuala Lumpur: IEEE.
- Lee Krajewski, L. R. (2008). *Administracion de Operaciones* (Octava ed.). Naucalpan de Juárez, Mexico: Pearson Educacion.
- Maloney, T. J. (2006). *Electronica Industrial Moderna* (5ta ed.). Mexico: Pearson Educación.
- Max Schwarz. (27 de Febrero de 2013). Obtenido de Gestion de operacion y Proyectos Mineros: <http://max-schwarz.blogspot.com/2013/02/inspeccion-efectiva-en-seguridad.html>
- Mopin, p. (2008). Electrónica y Automática. En p. Mopin, *Electrónica y Automática*. Mexico: Prentice Hall,.
- Nivar, A. (2011). Empresas apuestan al método 'Lean Manufacturing' en RD. *Listin Diario*.
- NSF, N. S. (2012). *Nacional Sanitation Fundation* . Obtenido de <http://www.nsf.org/>
- OMS. (31 de Marzo de 2014). *Codex Alimentarius*. Obtenido de Organizacion Mundial de la Salud: <http://www.codexalimentarius.org/about-codex/que-es-el-codex/es/>
- R.A.E. (2014). *R.A.E*. Obtenido de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=automatizacion>
- Rajadell, I. M. (2010). *Documento Lean Manufacturing* . Obtenido de <http://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788479789671.pdf>
- RAM MECHANICAL INC. (2013). *Ram Mechanical*. Obtenido de <http://www.ram-mechanical.com/Products/bottlesniffer.php>
- Real Academia Española. (2001). Obtenido de Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=botella>
- Real Academia Española. (2010). *Real Academia Española*. Obtenido de <http://lema.rae.es/drae/?val=calidad>
- Roberto Hernandez Sampieri, C. F. (2010). *Metodologia de la Investigacion Cientifica* (Quinta ed.). Distrito Federal, Mexico: Mc Graw Hill.
- Rodriguez, P. I. (2013). Automatización. UNAPEC.

- Saturnino, G. A. (febrero de 2012). Manuel del sistema institucional de gestión de la calidad del instituto mexicano del petróleo. Distrito Federal, Mexico . Obtenido de <http://itzamna.bnct.ipn.mx/dspace/bitstream/>
- Soto, C. A. (agosto de 2013). Obtenido de optimización del consumo de energía en bandas :
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0347_EO.pdf
- Torres Hernandez, O. I. (2009). Automatización de una envasadora de garrafones de 20 L de agua purificada. Distrito Federal, Mexico: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica.

Solicitud de aprobación a Agua Planeta Azul 2014 S.A

2111. _____
13 de octubre de 2014

Señores

Agua Planeta Azul, S.A.
Ciudad

Distinguidos señores:

Nos permitimos presentarles a los estudiantes José Alberto Mosquea del Orbe Mat. 2010-1593 y Luis Martín Rodríguez Mat. 2010-2177 de la carrera de Ingeniería Industrial de esta Universidad (estudiantes de término), los cuales se encuentran actualmente realizando su proyecto de Investigación titulado: **"PROPUESTA DE DISEÑO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE INSPECCIÓN EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO DE AGUA EN LA EMPRESA AGUA PLANETA AZUL, S.A., 2014."**

Solicitamos su apreciada colaboración y apoyo en ofrecerles las informaciones pertinentes para el desarrollo de dicho trabajo de grado. Esta visita, solo tiene fines educativos.

El día y hora de la visita será acordada en función de su disponibilidad, que de ser posible nos gustaría que fuera el día 16 de octubre del 2014 en horas de la mañana.

Agradeciendo su atención, le saluda.

Atentamente,


Ing. Yrvin Rivera
Director de la Escuela de Ingeniería

Riris 13-10-2014
809-686-0021 ext. 3224

Hoja de aprobación de Trabajo de grado



FECHA: 15/07/2014

A : Decanato de Ingeniería

Asunto : **Proyecto De Trabajo De Grado**

Tema : Propuesta de diseño para la automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua en la empresa Agua Planeta Azul, S.A., año 2014.

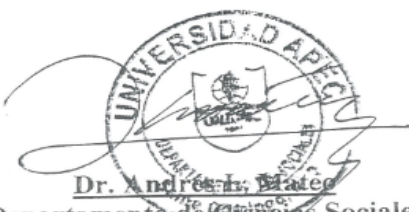
Sustentante (S): Br. Jose Alberto Mosquea Del Orbe 2010-1593
Luis Martin Rodríguez García 2010-2177

Resultado de la: Aprobado: X Fecha: 15/07/2014

Evaluación Devuelto Para Corrección: _____ Fecha: _____.

Observaciones : La Evaluación De Este Proyecto Fue Realizada Por:

Lic. Adalberto Adames


Dr. Adalberto Adames
Departamento de Ciencias Sociales

Remisión de Anteproyecto de trabajo de grado



TRAMITACION DE DOCUMENTOS

A : Dr. Helen Frances Faber Lavandier
Directora Dpto. de Sociales

Asunto : Remisión Anteproyecto de Trabajo de Grado

Anexo, remitimos el anteproyecto de trabajo de grado titulado: *"DISEÑO DE UNA PROPUESTA PARA LA AUTOMATIZACION DE LAS OPERACIONES DE INSPECCION EN EL PROCESO DE EMBOTELLADO DE AGUA POTABLE EN LA EMPRESA PLANETA AZUL, AÑO 2014"*. De los estudiantes José Alberto Mosquera del Orbe, Mat. 2010-1593, Luis Martin Rodríguez García, Mat. 2010-2177. Dicho documento ha sido revisado y aprobado el tema, así como el esquema de contenido por la dirección de esta escuela.

Les agradeceremos su colaboración, a fin de tener, a la mayor brevedad posible, la evaluación solicitada y comunicarla oportunamente a los estudiantes proponentes.

Atentamente,



Ing. Yavin Rivera
Director
Escuela Ingeniería
UNAPEC

P.V. 07-07-2014

Anexo: 1 anteproyecto

Formulario de Solicitud de Aprobación



FORMULARIO DE SOLICITUD DE APROBACIÓN DEL TEMA DE TRABAJO DE GRADO

NOMBRE DEL ESTUDIANTE	MATRICULA	TELÉFONO*	DIRECCIÓN**
José Alberto Mosquera del Orbe	2010-1593	829 341 1593	C/Principal Edif B-1, Apart A-1, Res. Militar, Villa mella.
Luis Martin Rodriguez Garcia	2010 - 2177	829 962 3152	C/ Los Cerezos Edif El curvo, Apart A-12, Los Jardines del Norte.

*Solo una dirección Física, especificar de cual estudiante.

*Colocar contactos de c/u de los integrantes

CARRERA: Ingeniería Industrial

FECHA DE TÉRMINO: Mayo - Agosto

Sometemos formalmente la terna de temas de Trabajo de Grado, el cual será presentado luego de cumplidos todos los requisitos que establecen los reglamentos de la Universidad APEC en cuanto a la carrera que hemos cursado:

TEMA	DESCRIPCIÓN GENERAL
1- Diseño de una propuesta para la automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable en la empresa Planeta azul, año 2014.	Consiste en proponer la automatización de las actividades de inspección realizadas en el proceso de embotellado de agua potable en la empresa Planeta Azul, tomando en cuenta factores vinculados a la productividad como costo, tiempo y calidad; y su incidencia en el proceso. En una visita a la empresa se observó que existen irregularidades en los mecanismos de inspección de calidad de los productos en tránsito que afectan negativamente el nivel de satisfacción de los consumidores. En adición, los operarios hacen uso de sus capacidades sensoriales para realizar las inspecciones, lo cual se constituye en un proceso ineficiente con resultados variables. Para solventar la situación expuesta, se hará un análisis de los procesos actuales, y se emplearán herramientas como las de Lean Manufacturing, entre otras técnicas y herramientas aprendidas en el desarrollo de la carrera.



FECHA: Día 19 Mes 05 Año 2014

TEMA APROBADO:

APROBADO POR:

FECHA: Día _____ Mes _____ Año _____

FOR-VC-0356

Presentación Anteproyecto con firma de asesor

Universidad Acción Pro Educación y Cultura



Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Anteproyecto de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Industrial

Título:

"Propuesta de diseño para la automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable en la empresa Agua Planeta Azul, S.A., Año 2014"

Sustentantes:

José Alberto Mosquea Del Orbe 2010-1593

Luis Martín Rodríguez García 2010-2177

Asesor

Prof. Fernando López, M.Ed.

Distrito Nacional

República Dominicana

07 de Julio de 2014

Los conceptos expuestos en esta investigación son de la exclusiva responsabilidad de sus autores



Decanato de Ingeniería e Informática

Escuela de Ingeniería

Anteproyecto de Grado para Optar por el Título de:

Ingeniero Industrial

Título:

Propuesta de diseño para la automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable en la empresa Agua Planeta Azul, S.A., Año 2014”

Sustentantes:

José Alberto Mosquea Del Orbe	2010-1593
--------------------------------------	------------------

Luis Martin Rodríguez García	2010-2177
-------------------------------------	------------------

Asesor

Prof. Fernando López, M.Ed.

Distrito Nacional

República Dominicana

07 de Julio de 2014

Contenido

1. El tema de investigación.....	3
2. Introducción	3
3. Justificación	4
4. Delimitación del tema y planteamiento del (los) problema (s) de investigación	6
4.1 Delimitación del tema	6
4.2 Planteamiento del Problema	6
5. Objetivos.....	8
5.1 Objetivo General	8
5.2 Objetivos Específicos	8
6. Marco Teórico Referencial	9
6.1 Marco Teórico	9
6.1.1 Antecedentes	10
6.2 Marco Conceptual	12
7. Hipótesis.....	139
7.1 Hipótesis Alternas.....	139
7.2 Hipótesis Nula	139
8. Diseño metodológico: metodología y técnicas de investigación cuantitativa y/o cualitativa.....	140
8.1 Enfoque	140
8.2 Modalidad Básica de la investigación	140
8.3 Tipos de Investigación.....	141
8.4 Técnicas e instrumentos de Recolección de información	141
9. Fuentes de documentación	142
10. Esquema Preliminar del Contenido del trabajo de grado	17
11. Bibliografía	19

1. El tema de investigación

“Diseño de una propuesta para la automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable en la empresa Agua Planeta Azul, S.A., Año 2014”

2. Introducción

La industria alimentaria tiene una marcada tendencia a implementar máquinas y equipos para automatizar los procesos de transformación o elaboración de los alimentos. Una de las causas principales es la necesidad existente de inspeccionar y controlar volúmenes considerables de productos para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos. Por lo regular, y según la cantidad producida, la automatización aplicada en dicha industria supone la reducción del costo en términos operativos e incrementa la eficiencia en la ejecución de los procesos.

El control de calidad y las inspecciones adquieren también gran importancia en la industria del agua potable, la cual se enmarca dentro del sector alimentario. Como es conocido el agua potable es un producto esencial para la vida, y por consiguiente presenta una demanda inelástica entre los consumidores. Esta puede ser distribuida a través de las tuberías del sistema de acueductos municipales o envasada en botellas y garrafrones.

A diferencia de otros países latinoamericanos, en República Dominicana se suele consumir agua embotellada en lugar del agua del grifo. Esta se ha convertido en una costumbre generalizada en la población, ya que los consumidores confían en la potabilidad e higiene del agua embotellada. Sin embargo, las principales embotelladoras de agua del país utilizan mecanismos o sistemas de control e inspección manuales, es decir, llevados a cabo por los operarios. Esta situación se entiende como una

oportunidad de mejora y sirve como objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

Existen diversas normas o filosofías, que aunadas a la automatización, pueden ser utilizadas para la consecución de estos fines. Se pueden mencionar las normas de calidad ISO 9001 y el Sistema de Peligros y Puntos Críticos de Control -HACCP, por sus siglas en inglés. De la misma forma la mejora de los procesos se fundamentará en la aplicación de herramientas de Lean Manufacturing. Estas y otras terminologías serán abordadas y definidas en el desarrollo de la investigación.

Esta investigación se realizará en la embotelladora Agua Planeta Azul, S.A., empresa que servirá como caso de estudio.

3. Justificación

En el proceso de embotellado de agua potable se realiza un determinado número de operaciones que se extiende desde la captación del agua no tratada hasta el despacho de los garrafones. En varias etapas de este proceso se cuenta con inspecciones de control de calidad. Su objetivo consiste en asegurar el cumplimiento de los estándares pre-establecidos en relación a las especificaciones del producto. Por tanto, es imprescindible realizar inspecciones en puntos clave que permitan minimizar las pérdidas de productos, cargos y reclamaciones mejorando el funcionamiento de los proveedores.

Se dice que las inspecciones, en comparación con las demás operaciones, no agregan valor al producto. Esto es debido a que al inspeccionar, una etapa del proceso, se trata de comprobar si las operaciones previas han sido ejecutadas correctamente, sin embargo, estas son necesarias para garantizarle al consumidor una mercancía basada en estándares de calidad. En el caso de las industrias de agua potable y alimentarias, estas suelen aplicar inspecciones con mayor

frecuencia que otras industrias, ya que las fallas en el control de calidad pueden influir negativamente en la salud de los consumidores, creando el descrédito de la marca.

La empresa Agua Planeta Azul, S.A. tiene por procedimiento que las inspecciones deben ser realizadas por empleados capacitados en el área. Para reforzar la capacitación, los operarios de distintas máquinas o etapas del proceso (no exclusivamente de las inspecciones) se rotan entre las diversas funciones no automatizadas que se ejecutan en la planta de producción. Es responsabilidad de los empleados llevar el control de estas tareas y verificarse al momento de cambio de turno.

Se conoce que Planeta Azul se caracteriza por ser una de las empresas de la industria más innovadoras en la implementación de nuevas tecnologías para la mejora de sus procesos. En adición, el agua embotellada por dicha empresa es demandada en grandes volúmenes por los consumidores a nivel nacional. Es por ello que la automatización de sus plantas constituiría un aspecto importante en el crecimiento de la empresa.

Por las razones anteriormente planteadas, se considera apropiado la propuesta de diseño de automatización de las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de agua potable llevado a cabo por esta empresa.

Es importante destacar que la automatización presenta diversas ventajas al ser aplicada en la industria de embotellado del agua. Mediante la implementación de máquinas autónomas o parcialmente autónomas se puede lograr conservar una consistencia homogénea en el agua embotellada, en lo referente al sabor, color y olor del agua; o, en el caso del envase, se puede conservar su forma y aspecto. La automatización garantizará tanto la homogeneidad del producto terminado como la disminución del error humano, y probablemente, la reducción de los costos en las operaciones de inspección y, además, el decrecimiento de

las devoluciones por falta de calidad en cualquiera de los aspectos del agua embotellada de la empresa.

Esto se traduce en ofrecer un producto con un mayor nivel de calidad, que cumpla con los lineamientos necesarios para mantener la salud de sus consumidores y empleados. Por lo mismo, la propuesta de automatización preservará la higiene e inocuidad del producto.

En consecuencia, la automatización de las operaciones de inspección de dicho proceso promete ser una propuesta factible para su implementación en la Empresa. Los beneficios de su implementación pueden representar una ventaja competitiva para Planeta Azul frente a las demás industrias del sector, tanto a nivel nacional como internacional. Se espera que los resultados de la investigación demuestren cuán conveniente es la automatización para todos los entes involucrados: la Empresa, los empleados y los consumidores.

4. Delimitación del tema y planteamiento del (los) problema (s) de investigación

4.1 Delimitación del tema

El presente trabajo de investigación será realizado en las instalaciones de la empresa Agua Planeta Azul, S.A. Cuya sede operativa se encuentra ubicada en Av. Central esq. Av. Los Próceres, Reparto Galá, Santo Domingo, República Dominicana. Las informaciones manejadas tendrán base y aplicación en el período de tiempo comprendido entre mayo y diciembre del año 2014.

4.2 Planteamiento del Problema

En el embotellado de líquidos, principalmente en la industria alimentaria, la implementación de máquinas para automatizar los procesos constituye un referente para la presente investigación. Esto es debido a que se han logrado avances significativos en el diseño de equipos que controlen,

inspeccionen y midan la calidad de los productos semi-elaborados, productos en tránsito y productos terminados. En muchos casos, las imperfecciones encontradas en los productos en proceso son corregidas al momento de la inspección; en otros, según los valores obtenidos al realizar inspecciones de calidad puede que sean desechados.

Como se conoce, Agua Planeta Azul, S.A. es una de las embotelladoras de agua potable más reconocidas en el país por los consumidores. Dicha empresa realiza varias inspecciones propias del proceso de embotellado que son requeridas tanto a nivel interno para el control de calidad, como exigidas por las normas y regulaciones que rigen este tipo de actividad.

Sin embargo, durante el período 2013-2014, se han encontrado deficiencias en las operaciones de inspección en el proceso de embotellado de la empresa. Las inspecciones siguen la misma metodología, y son realizadas por personal entrenado en el área para detectar las características no satisfactorias de los productos en proceso de fabricación. Para conseguirlo los operarios emplean sus capacidades sensoriales, en especial, la vista y el olfato; a pesar de encontrarse en un entorno con baja iluminación y una fuerte presencia de ozono O₃. Es por ello que se cuestiona la efectividad del mecanismo de inspección.

Esta situación afecta negativamente la ejecución de las inspecciones internas de control de calidad, lo cual se refleja en las devoluciones de mercancía efectuadas por los consumidores. De la misma forma, existen variaciones en los volúmenes diarios de producción que se derivan de las demoras experimentadas al inspeccionar los productos en tránsito. Dichas fluctuaciones resultan en la incapacidad de ajustar los pedidos con los volúmenes de producción entregados por el área de producción, lo cual somete a presión a los inspectores ya que no se encuentran en condiciones de realizar un trabajo de inspección eficaz. Por tanto, se considera adecuado el empleo de equipos automatizados y herramientas mecánicas para eficientizar el proceso.

Se conoce sobre la existencia de equipos en el mercado utilizados para automatizar el proceso de embotellado en la industria alimentaria y de agua potable. Es por ello que la propuesta de diseño de automatización se basará en análisis técnicos y de costos a fin de concluir cuales equipos y métodos de automatización resultan más convenientes para resolver el problema de la falta de inspección automática en el proceso de embotellado de la empresa Agua Planeta Azul, S.A.

5. Objetivos

5.1 Objetivo General

Proponer un diseño para la automatización de las actividades de inspección del proceso de embotellado en la empresa Planeta Azul.

5.2 Objetivos Específicos

- Detallar el proceso de embotellado de agua potable para la identificación de los puntos de inspección
- Cuantificar el número de inspecciones requeridas del proceso de embotellado de agua potable
- Identificar las leyes y normativas que regulan el proceso de embotellado de agua potable
- Describir cuales equipos se pueden utilizar para la automatización de la inspección del proceso de embotellado de agua potable
- Estimar el costo de automatización de las inspecciones en el proceso de embotellado de agua potable
- Determinar los beneficios de la automatización de las inspecciones en el proceso de embotellado de agua potable
- Definir recomendaciones para la propuesta del diseño e implementación de sistemas Automatizados de Inspección del proceso de embotellado de agua potable

6. Marco Teórico Referencial

6.1 Marco Teórico

Dentro de la industria nacional se encuentra Agua Planeta Azul, S. A., la cual es una empresa dominicana fundada en la ciudad de Santo Domingo en el año 1989. Su principal objetivo es incursionar en el mercado de purificación y envasado de agua potable para el consumo humano. A la fecha cuenta con dos plantas industriales, una ubicada en el Distrito Nacional (planta de producción principal) y otra localizada en el municipio de Santo Domingo Este.

El agua embotellada es comercializada bajo la marca Planeta Azul tanto a nivel nacional, como en el extranjero.

Se considera que Agua Planeta Azul, S.A. es una de las embotelladoras de agua potable más reconocidas a nivel nacional por los consumidores. En cuanto a la filosofía empresarial, ésta centra su enfoque en ofrecer un producto que cumpla con los más altos estándares de calidad de la industria. Al igual, Planeta Azul se esfuerza por proteger la salud de los consumidores mediante la ejecución de un servicio eficiente apegado a la visión, misión y valores de la empresa.

Aunado a esto, dicha empresa se caracteriza por ser pionera en la implementación de nuevas tecnologías. Como prueba de ello, se destaca la incorporación del sistema de Agua Osmosis para la purificación del agua, del cual Agua Planeta Azul, S.A. es pionera en la República Dominicana. De la misma forma, la empresa ha implementado varias mejoras en sus procesos, y mantiene como una meta constante el innovar en el perfeccionamiento de los bienes y servicios ofrecidos.

Se conoce que la industria de embotellado de agua potable forma parte del sector de la industria alimentaria. Por tanto, existen ciertas

semejanzas entre el embotellado del agua y demás rubros de dicho sector industrial, especialmente con relación a otros líquidos o sustancias.

6.1.1 Antecedentes

Al revisar sobre antecedentes vinculados al tema en cuestión, se encontraron diversas investigaciones que pueden utilizarse como un referente válido para el desarrollo de la presente propuesta de automatización. A continuación se abordarán aportes significativos a nivel internacional sobre el proceso de embotellado y procesos similares.

Para comenzar, estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Información y Tecnología (FTSM) de la University Kebangsaan Malaysia (UKM) diseñaron e implementaron un sistema automático de inspección visual del proceso de embotellado basado en controles lógicos programables PLC. Para lograrlo, se emplearon principios de automatización modular aplicada a sistemas de producción. En cuanto a la inspección visual, esta fue realizada mediante el uso de una webcam o cámara web y la reconfiguración de un PLC en base a tres decisiones comparativas. La utilización de estos equipos representó una mejora en la capacidad del sistema a un costo más económico. (Kurniawan, Ind. Comput. Dept., & Sulaiman, 2008)

A nivel regional, en Latinoamérica, se conoce sobre un trabajo de investigación titulado: “Automatización del Proceso de Llenado de Galones de Agua en Planta Purificadora de Agua”. En este caso, se aplica la automatización al proceso completo de enjuagado y llenado de los galones de agua. Las limitaciones de espacio exigieron el diseño de un módulo de acoplamiento que realizará ambas tareas. Un aporte relevante de esta investigación es la implementación de una interfaz gráfica, la cual es capaz de guardar los datos de producción, mostrarlos e imprimir reportes de acuerdo a las necesidades que se presenten. (Torres Hernandez, 2009)

Mientras tanto, en el panorama nacional, no se encuentran datos de investigaciones relacionadas al presente tema. Ahora bien, existen compañías establecidas en la República Dominicana que utilizan, o han utilizado, sistemas visuales para la inspección de productos alimenticios.

Por otro lado, ciertos antecedentes se encuentran un poco más apartados de los ejemplos previamente citados, sin embargo, representan contribuciones importantes y posibles consideraciones o alternativas para la propuesta del diseño. Con esto, se hace referencia a avances teórico-prácticos aplicados a la inspecciones de control de calidad dentro de la industria alimentaria.

Se destaca una propuesta sobre la combinación de sensores electrónicos, entre los que se incluyen sensores de visión artificial y una nariz electrónica o e-nose, para la caracterización de distintos tipos de aceite de oliva según sus propiedades químicas. Al igual, se menciona un trabajo de investigación que consiste en la utilización de la tecnología e-nose para medir el grado de calidad de la producción del té verde. Dichas investigaciones fueron realizadas, respectivamente, por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales perteneciente a la Universidad de Valladolid, España; y por los ingenieros chinos HunChun Yu y Jun Wang. (Huichun Yu, 2007)

Los antecedentes anteriormente nombrados, no han resuelto el problema de la falta de la inspección automática del proceso de embotellado de la empresa Agua Planeta Azul, S.A.

6.2 Marco Conceptual

La descripción de las palabras clave, acorde con la exploración, se representa en el siguiente apartado con el ánimo de dar a conocer los conceptos básicos de la investigación.

Automatización: En recientes investigaciones (DiFrank, 2007) define la automatización como operaciones automáticas realizadas por un aparato, proceso o sistema que están controladas por aparatos mecánicos o electrónicos que actúan como los órganos del ser humano de olfato, vista. Otro concepto muy utilizado es que la automatización es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

Inspección: La Inspección es un mecanismo de observación sistemática de la función gerencial de control que está diseñado para asegurar que las actividades, productos y servicios de la organización se realizan conforme a sus especificaciones de diseño o en su ausencia, conforme a las mejores prácticas de seguridad que la empresa puede ejecutar en sus operaciones. La Inspección está diseñada intrínsecamente para detectar desviaciones, identificar peligros y detectar actos y condiciones inseguras que puedan elevar el nivel de riesgo de la organización. (Max Schwarz, 2013)

Calidad: Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor. (Real Academia Española, 2010)

Por otro lado, se puede definir Calidad como el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren capacidad de satisfacer necesidades, gustos y preferencias, y de cumplir con expectativas en el consumidor. Tales propiedades o características podrían estar referidas a los insumos utilizados, el diseño, la

presentación, la estética, la conservación, la durabilidad, el servicio al cliente, el servicio de postventa. (Saturnino, 2012)

La norma ISO 8402 define calidad como el conjunto de características de una entidad, que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades establecidas y las implícitas.

La norma UNE-EN ISO 9000:2000 la define como el grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

Sensores: Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. (Soto, 2013)

Proceso: La ISO 9000 define proceso como un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

Garrafrones: Es un recipiente fabricado en material rígido, habitualmente vidrio o alguna variedad de plástico, con el cuello estrecho, que sirve para contener líquidos. (Real Academia Española, 2001)

7. Hipótesis

7.1 Hipótesis Alternas

- 1) La automatización es más eficiente que el empleo de la mano de obra para realizar las tareas u operaciones de inspección.

7.2 Hipótesis Nula

- 1) La automatización NO es más eficiente que el empleo de la mano de obra para realizar las tareas u operación de inspección.

8. Diseño metodológico: metodología y técnicas de investigación cuantitativa y/o cualitativa.

8.1 Enfoque

El presente proyecto cuenta con el uso de variables de tipo cuantitativo, ya que se basa en métodos de medición que determinarán la eficiencia del proceso de embotellado, y que a la vez modificarán, ajustarán y mejorarán los métodos de inspección. Con estas variables se podrán evaluar los distintos elementos que inciden en el nivel de exactitud de las inspecciones del proceso. Por tanto, los datos obtenidos al analizar estas variables de tipo cuantitativo permitirán comparar y evaluar los resultados del modelo actual con los del modelo propuesto.

8.2 Modalidad Básica de la investigación

La investigación se realiza con base en las siguientes modalidades:

- **Bibliográfica:** Porque se han tomado datos de bibliografías especializadas, a través de esta modalidad se adquiere conocimiento sobre diversas teorías, técnicas y parámetros que regulan el control de calidad en las inspecciones del proceso de embotellado de agua potable.
- **De campo:** Porque los datos serán tomados directamente desde la planta Planeta Azul, en la cual se plantea la posibilidad de implementar este sistema de inspección.
- **Experimental:** A través de esta investigación se puede evaluar si los sistemas de inspección, por medio de los parámetros establecidos, cumplen con la propuesta dada y si resulta útil para el control de calidad.

8.3 Tipos de Investigación

Para la investigación se utilizarán los siguientes tipos:

- **Descriptiva:** Debido a que determinará las ventajas que conllevan implementar sistemas y equipos automatizados de inspección química y visual para verificar el cumplimiento de los parámetros de calidad. De esta forma se podrán establecer la aplicabilidad de la propuesta.
- **Aplicada:** Se caracteriza porque los resultados reflejados en la investigación pretenden aplicarse para solucionar una situación problemática.
- **Explicativo:** Porque se explica de manera detallada la razón primordial de cada situación con la finalidad de conocer la estructura y los aspectos dinámicos involucrados en el proyecto.

8.4 Técnicas e instrumentos de Recolección de información

En el presente proyecto se utilizaron las siguientes técnicas e instrumentos de investigación:

- **Observación Directa:** porque se observará atentamente el proceso de inspección desde el cual se tomaron notas y se registraron datos para su posterior análisis.
- **Entrevista:** Se realizará una serie de preguntas previamente formuladas a los encargados del departamento de calidad e involucrados en el proceso de inspección.

9. Fuentes de documentación

Botero, A. (2000). *Automatización de la inspección del peso y de capacidad de los envases de vidrio*. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización Electrónica.

Torres, A. (5 de 2014). *Visión artificial para verificar el nivel de llenado en el sistema de embotellado en el laboratorio de control y automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica.

Apetrei, C. (19 de 7 de 2010). *ScienceDirect*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267010000942>

Dege, N. (2008). *Technology of Bottled Water*, Third Edition. Wiley-Blackwell.

Huichun, Y.(21 de 1 de 2007). *Sciencedirect*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807002861>

Maloney, T. J. (2006). *Electrónica Industrial Moderna* (5ta ed.). México: Pearson Educación.

Kurniawan, D., Ind. Comput. Dept., U. K., & Sulaiman, R. (2008). *Design and Implementation of Visual Inspection System in Automatic Bottling System Based on PLC*. Kuala Lumpur: IEEE.

Krajewski, L. R. (2008). *Administración de Operaciones* (Octava ed.). Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.

Niebels B., Freiwaids, A. (2009) *Ingeniería Industrial*. Métodos Estándares y Diseño del Trabajo (duodécima edición). McGraw Hill

Piedrafita, R. (2004) *Ingeniería de la Automatización Industrial*. 2da Edición. RA-MA Editorial.

Sampieri, R., C. F. (2010). *Metodología de la Investigación Científica* (5ta ed.). Distrito Federal, México: Mc Graw Hill.

Torres, H., O. I. (2009). *Automatización de una envasadora de garrafrones de 20 L de agua purificada*. Distrito Federal, México: Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica.

Verkatesh, J. (2007) *An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Recuperado el 06 de Febrero del 2010, de http://www.plantmaintenance.com/articles/tpm_intro.shtml

Esquema Preliminar del Contenido del trabajo de grado

Resumen

Abstracto

Agradecimientos

Tabla de Contenido

Lista de Tablas y/o graficas

Introducción

Capitulo I Problema de Investigación

- I. Tema
- II. Delimitación del tema y planteamiento del problema de investigación
 - a. Delimitación del tema
 - b. Planteamiento del problema
- III. Justificación
- IV. Objetivos
 - a. Objetivo General
 - b. Objetivos Específicos

Capitulo II Marco Teórico

- I. Antecedentes Investigativos
- II. Fundamentación Filosófica y Legal
 - I. Normas y Estándares de Calidad
 - II. Acuerdos
- III. Proceso de Embotellado del Agua Potable
 - I. Funcionamiento de una Embotelladora
 - II. Fases del Proceso
 - III. Maquinarias y Equipos del Proceso
- IV. Botellones o Garrafones
 - I. Dimensiones
 - II. Fabricación
 - I. Material de Fabricación
 - III. Reutilización
- V. Inspecciones
 - I. Mecanismos de Inspección
 - II. Responsables de la inspección
 - III. Puntos de Control Crítico
- VI. Automatización
 - I. Sistemas de Control
 - I. Dispositivos de Control

- a. Sensores
 - b. Controladores
 - c. Actuadores
- II. Aplicación en la Industria del Embotellado
 - I. Sistemas de Inspección Visual
 - II. Sistemas de Inspección Químicos
 - III. Detección de Productos No Conformes
- III. Parámetros involucrados en la implementación de la automatización
- IV. Ventajas e Inconvenientes de la Automatización
 - I. Ventajas
 - II. Inconvenientes

Capitulo III Metodología

- I. Modalidad de Investigación
- II. Tipos de Investigación
- III. Técnicas e Instrumentación de recolección de datos

Capitulo IV Propuesta para la automatización de las inspecciones del proceso de embotellado de agua potable

- I. Instalaciones de la Embotelladora Agua Planeta Azul, S.A.
 - I. Estructura y Distribución en Planta
- II. Estudio de Factibilidad
 - I. Análisis FODA
- III. Estudio Técnico
 - I. Maquinarias a Implementar
 - I. Costo de la Maquinaria y Equipos
 - II. Reconfiguración del Espacio
- IV. Estudio Económico
 - I. Inversión Inicial
 - II. Evaluación Financiera
- V. Beneficios
 - I. Reducción de las devoluciones
 - II. Incremento de la eficiencia de las inspecciones
 - III. Volúmenes de Producción Constantes

Conclusiones

Recomendaciones

Referencias Bibliográficas

Anexos o Apéndice

Bibliografía

- Agua Planeta Azul, S.A. (2014). *Nosotros, Quienes Somos, Visión, Misión y Valores*. Obtenido de sitio web de Planeta Azul: <http://www.aguaplanetaazul.com/>
- Botero, A. (2000). Automatización de la inspección del peso y de capacidad de los envases de vidrio. Bogotá, Colombia : Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería de Diseño y Automatización Electrónica.
- Torres, A. (5 de 2014). Visión artificial para verificar el nivel de llenado en el sistema de embotellado en el laboratorio de control y automatización de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica.
- Apetrei, C. (19 de 7 de 2010). *ScienceDirect*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003267010000942>
- Dege, N. (2008). *Technology of Bottled Water, Third Edition*. Wiley-Blackwell.
- Huichun, Y. (21 de 1 de 2007). *Sciencedirect*. Obtenido de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643807002861>
- Maloney, J. T. (2006). *Electronica Industrial Moderna* (Quinta ed.). Mexico: Pearson Educacion.
- Kurniawan, D., Ind. Comput. Dept., U. K., & Sulaiman, R. (2008). *Design and Implementation of Visual Inspection System in Automatic Bottling System Based on PLC*. Kuala Lumpur: IEEE.
- Krajewski, L. R. (2008). *Administracion de Operaciones* (Octava ed.). Naucalpan de Juárez, Mexico: Pearson Educacion.
- Fernández Sampieri, R. (2010). *Metodologia de la Investigacion Cientifica* (Quinta ed.). Distrito Federal, Mexico: Mc Graw Hill.
- Torres Hernandez, O. I. (2009). Automatizacion de una envasadora de garrafones de 20 L de agua purificada. Distrito Federal, Mexico: Escuela superior de ingeniería mecanica y electrica.

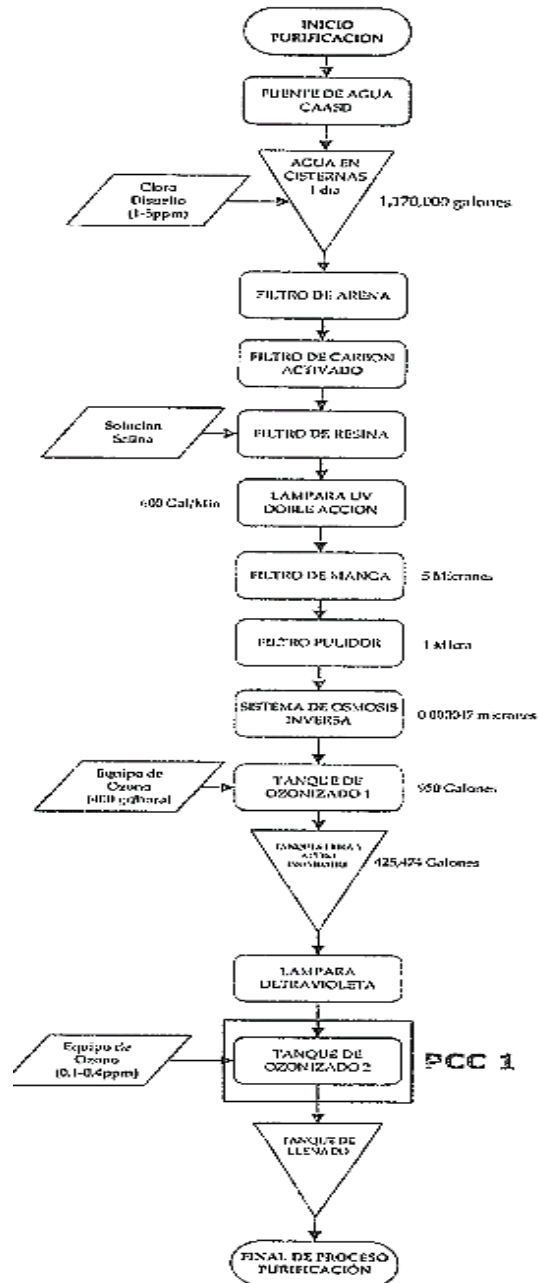
ANEXOS O APÉNDICES

Anexo A

Flujograma Purificación y Envasado

Flujograma Purificación y Envasado

Doc. No. F362001 Rev. D
Aprobado por: Gerente de Producción



PLAN HACCP- AGUA PLANETA AZUL, S.A.

Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul, S.A.

**Planet
Azul**

Doc. No. FGIG001 Rev. D
Aprobada por: Gerente de Producción



Fuente: Suministrado por Aqua Planeta Azul. S.A.

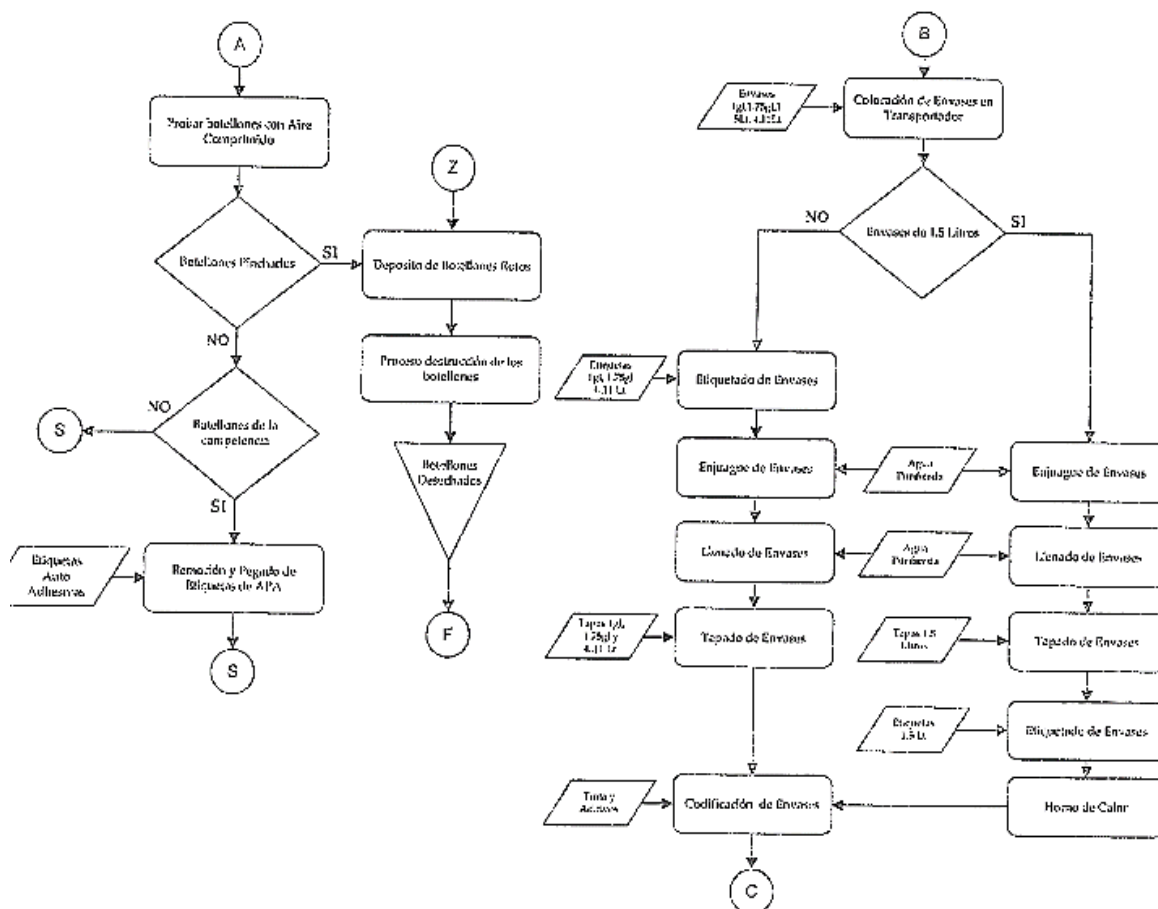
Anexo C

Flujograma Purificación y Envasado



Doc. No. FGIG66 Rev. D
Aprobado por: Gerente de Producción

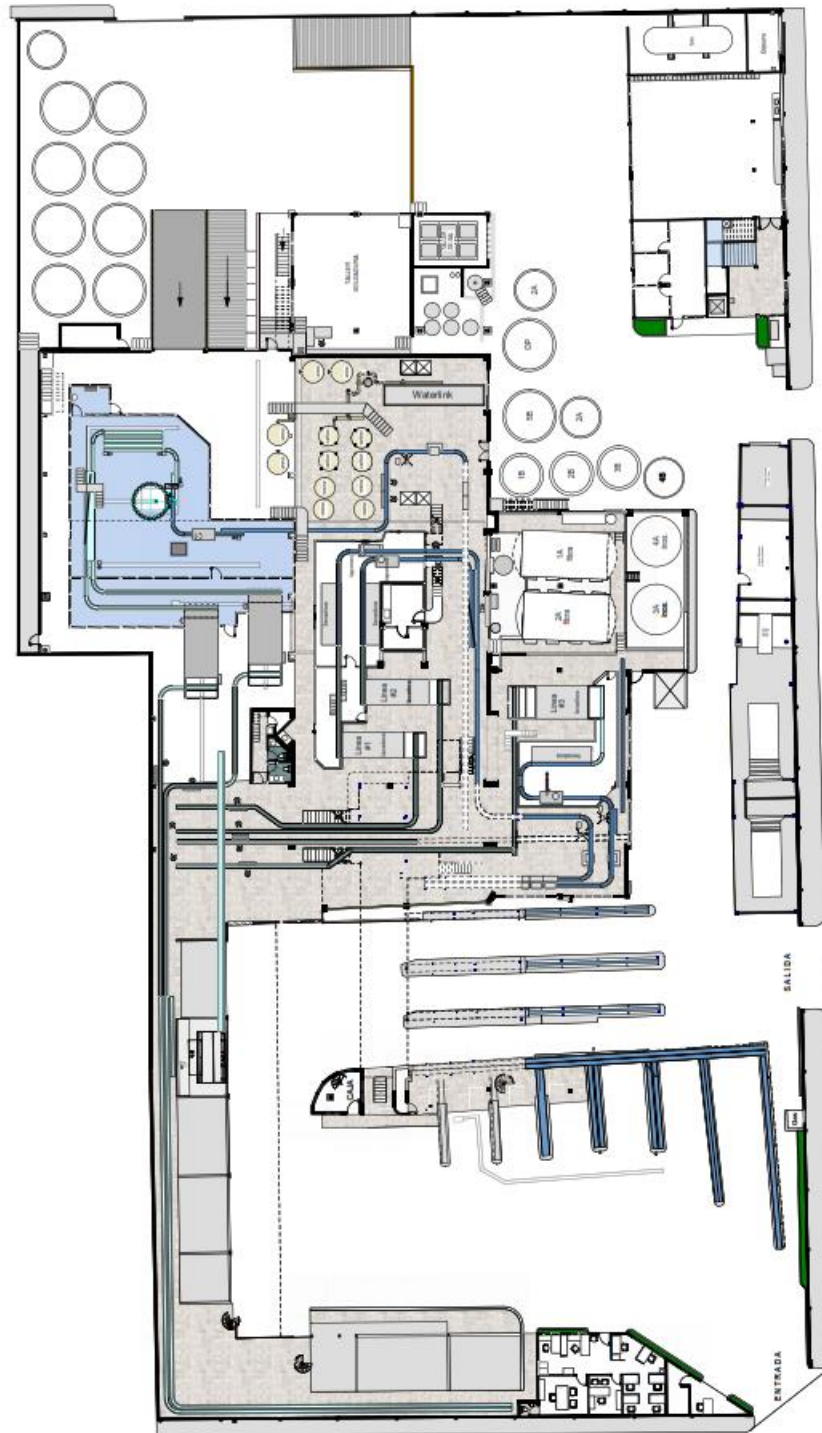
Flujograma Purificación y Envasado



Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul. S.A.

Anexo D

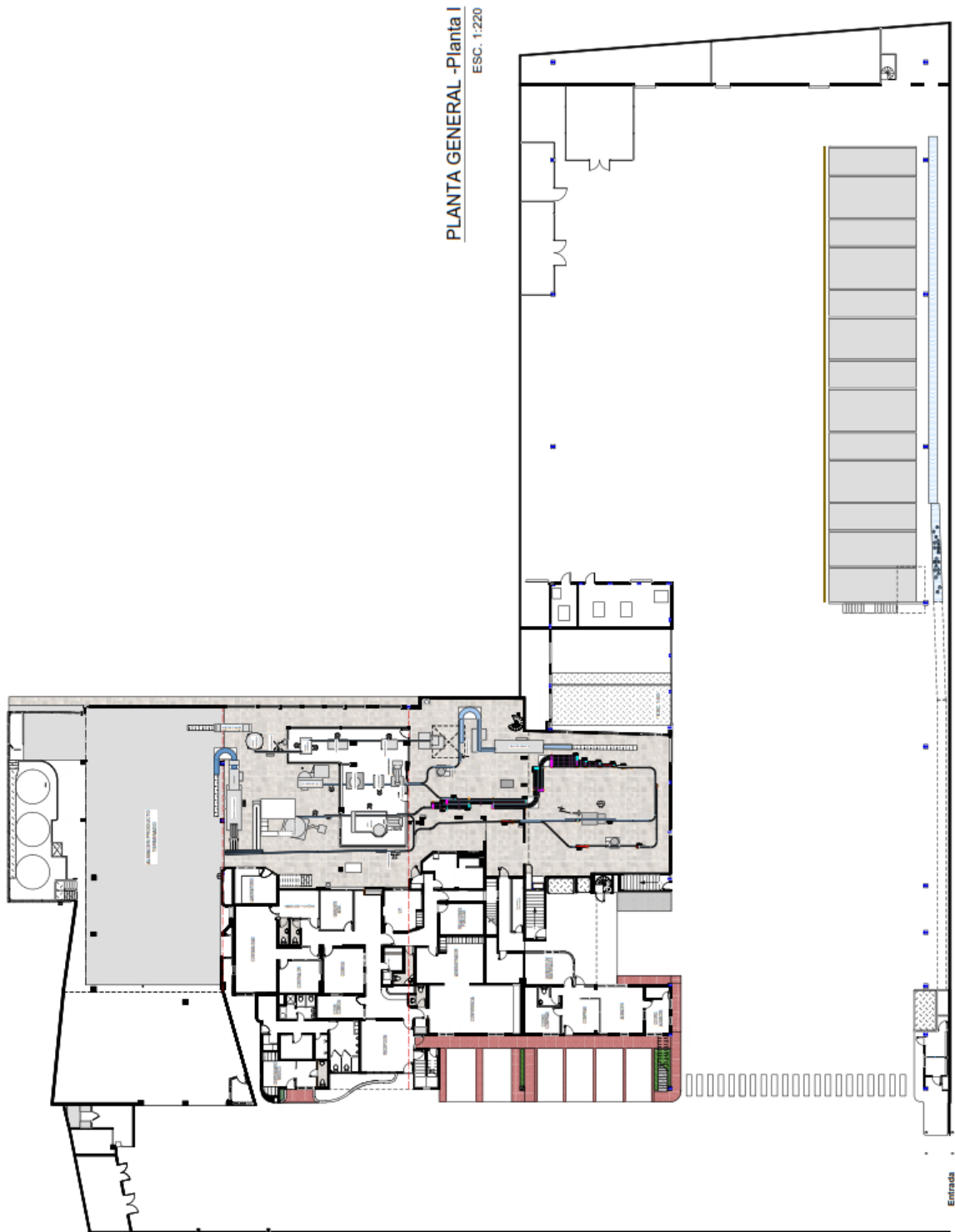
Diagrama de Distribución en Planta- Planta II



Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul. S.A.

Anexo F

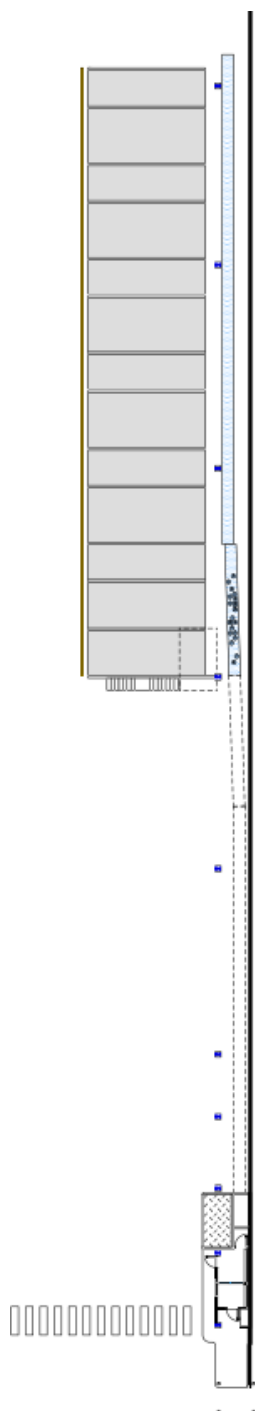
Diagrama de Distribución en Planta- Planta I



Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul. S.A.

Anexo G

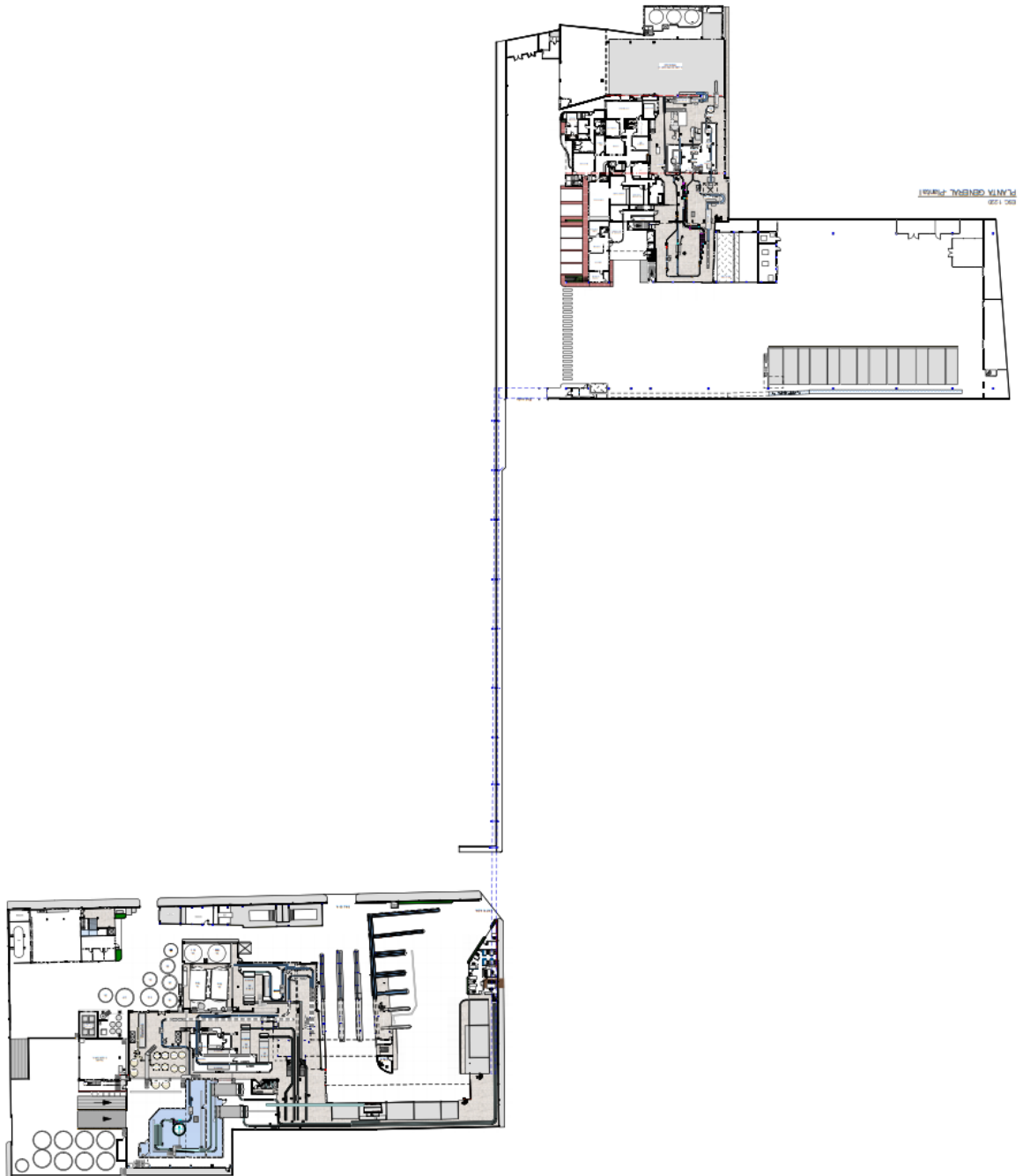
Sección de Cinta Transportadora Planta 1- Planta 2 “Metro”



Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul. S.A.

Anexo H

Diagrama de Distribución en Planta Completo



Fuente: Suministrado por Agua Planeta Azul. S.A.

Anexo I

Cálculo del Monto Pagado por Horas Extras al Año

Monto pagado por horas extras al año	
Salario Mensual	10,500.00
Salario promedio por Hora	50.81
Valor hora extra	68.60
Horas extras trabajadas por día	3.00
Promedio de días trabajados al mes	25.83
Total horas extras al mes	77.49
Valor horas extras mensuales	5,315.63
Empleados en Empaque	20.00
Total pagado horas extras al mes	106,312.50
Monto pagado por horas extras al año	\$1,275,750.00

Fuente: Elaboración propia

Anexo J

Cálculo de ganancia por venta (Canis CL 220)

Ganancias por venta (Canis CL 220)	
677.00	Capacidad Actual
1,500.00	Capacidad Operativa Maquina Canis CL 220
823.00	Capacidad Ganada
50%	Eficiencia Porcentual de la Línea
411.50	Producción de la Línea Operando a un 50%
45.00 RD\$	Precio de venta
18,517.50 RD\$	Ganancias Diarias
4,740,480.00 RD\$	Ganancia Anual

Fuente: Elaboración propia.

Anexo K

Cálculo de ganancia por venta (LDB3 6)

Ganancias por venta (LDB3 6)	
677.00	Capacidad Actual
2,580.00	Capacidad operativa Maquina LDB3 6
1,903.00	Capacidad Ganada
50%	Eficiencia Porcentual de la Línea
951.50	Producción de la Línea Operando a un 50%
45.00 RD\$	Precio de venta
42,817.50 RD\$	Ganancias Diarias
10,961,280.00 RD\$	Ganancia Anual

Fuente: Elaboración Propia

Anexo Q

Solicitudes de información vía correo Electrónico

Request of Pricing and Mantainance Information



De: **jos-alb15@hotmail.com**

Enviado: viernes, 14 de noviembre de 2014 11:19:26 a.m.

Para: **mail@inspecto.ch**

CCO: **jos.alb15anurd@gmail.com**

Hello!

My name is José Mosquea. I am a student of industrial engineering at APEC University in Santo Domingo, Dominican Republic. The purpose of this message is to request some information about the Canis 220 with combined functions of leaking and contamination detection.

Recently, I've been developing a study to propose the automation of the production system of a bottling plant located in my country. We found that it is possible to substitute the man-operated inspections with the machines that your company offers. In order to accomplish that, I need to get the price of Canis 220, the cost of intallation and the maintenance cost associated with the machine.

I consider is very interesting the way sniffers work. If there is another information you would like to send me, feel free to do it.

Thanks for paying attention to this message,
Best Regards

José Mosquea

© 2014 Microsoft Términos Privacidad y cookies Desarrolladores Español

Request of Pricing and Mantainance Information



Pierre Gernet (mail@inspecto.ch) [Agregar a contactos](#) 14/11/2014 | Documentos

Para: Jose Mosquea

Acciones

De: **Pierre Gernet** (mail@inspecto.ch)

Enviado: viernes, 14 de noviembre de 2014 01:49:39 p.m.

Para: **Jose Mosquea** (jos-alb15@hotmail.com)

4 datos adjuntos (total 2.6 MB)

Outlook.com [Vista activa](#)

Hi Jose,
Attached the Prospect in 3 Languages for the weekend
When you went trough this, please ask the remaining questions again.
Maintenance and cost is important.
Best regards
Pierre Gernet

Pierre Gernet
INSPECTO Automation AG
Landstrasse 2b
CH-5415 Nussbaumen b. Baden
Switzerland
Tel. +41 56 282 0330
Fax. +41 56 282 0332
gernet.pierre@inspecto.ch

RV: RE: Carta Planeta Azul- Trabajo de Grado



De: **Luis Martin Rodriguez Garcia** (luismartin_garcia07@hotmail.com) Este remitente está en tu [lista de contactos](#).

Enviado: lunes, 26 de mayo de 2014 03:34:58 p.m.

Para: Jose Mosquea (jos-alb15@hotmail.com)

From: wsantos@aguaplanetaazul.com

To: luismartin_garcia07@hotmail.com

CC: mercadeo@aguaplanetaazul.com

Subject: RE: Carta Planeta Azul- Trabajo de Grado

Date: Mon, 26 May 2014 15:07:49 -0400

Estimado José:

Para Agua Planeta Azul el estudiante es un rey. Por supuesto que pueden venir y observar el proceso de producción!

Estoy enviando este correo al Dpto. de Mercadeo, que es el que se encarga de coordinar las visitas.

Saludos cordiales,

Wendy Santos Berroa
Vice-Presidente Ejecutivo | Agua Planeta Azul, S.A.
  wsantos@aguaplanetaazul.com
 (809) 565-7765
 www.aguaplanetaazul.com

© 2014 Microsoft Términos Privacidad y cookies Desarrolladores Español

RV: RE: Carta Planeta Azul- Trabajo de Grado

Desde: "Maria Figuereo" <mercadeo@aguaplanetaazul.com>

Enviado: 27 de mayo de 2014 9:50 a.m.

Para: luismartin_garcia07@hotmail.com

Asunto: RE: Carta Planeta Azul- Trabajo de Grado

Buenos Días José.

Pueden venir mañana miércoles, a las 9.30 a.m. Llegan a recepción y preguntan por Laura Khoury o Maria José.

Me confirmas por favor.

María José Figuereo
Mercadeo | Agua Planeta Azul, S.A.
  mercadeo@aguaplanetaazul.com
 (809) 565-7765, ext.: 2303
 www.aguaplanetaazul.com

Fwd: Planta I



Susan Santos (ssantos@aguaplanetaazul.com) [Agregar a contactos](#)  24/10/2014  Dc
Para: luismartin_garcia07@hotmail.com 

De: **Susan Santos** (ssantos@aguaplanetaazul.com)
Enviado: viernes, 24 de octubre de 2014 12:25:42 p.m.
Para: luismartin_garcia07@hotmail.com



3 datos adjuntos (total 3.0 MB)

Outlook.com Vista activa 

----- Original Message -----

From:

"Susan Santos" <ssantos@aguaplanetaazul.com>

To:

luismartin_gracia07@hotmail.com

Sent:

Fri, 24 Oct 2014 09:24:08 -0700

Subject:

Planta I