

Diseño de un Sistema Automatizado de Lotes para una Fábrica de Productos de Consumo

*Gisela Gutiérrez Santos
Maestría en Manufactura Competitiva
Rafael Nieves Castro, PharmD.
Departamento de Ingeniería Industrial
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Sinopsis – *Una fábrica de jugos tenía un área de oportunidad relacionada a la falta de abasto a la demanda debido a la poca capacidad de manufacturar jugos a grandes escala. Este proyecto tiene como objetivo reducir el tiempo de producción y aumentar las cantidades producidas fusionando la manufactura y el empaque de jugos en un mismo lugar. La idea es crear un sistema de control automático el cual realice tanto la manufactura como el empaque de forma rápida y uniforme. Para este trabajo se realizó un proyecto para unir y automatizar el proceso completo de la producción de jugos. Para corroborar si la implementación de este sistema fue exitosa se programaron unos estudios comparativos del tiempo que le toma al producto estar listo para la venta para determinar si hay adelanto en el proceso de producción de jugos. El resultado fue que las tres pruebas a pesar que se le añadió un poco más de tiempo a la producción local, esta es más constante lo cual permitió que la producción básicamente se duplicara y así poder satisfacer la demanda de jugo.*

Términos Claves – *Automatización, Lote, Proyecto, Sistema.*

INTRODUCCIÓN

Actualmente una fábrica de jugos en particular está confrontando problemas de abasto al consumidor debido al constante crecimiento que está teniendo, tanto a nivel local como internacional, por el lanzamiento de nuevos productos al mercado y a la gran demanda que están obteniendo con su producto principal. Un área de oportunidad que tiene esta planta embotelladora es que su producto es manufacturado en otras instalaciones. Para esta fábrica poder realizar un lote, tiene que crear una logística para

transporte de la materia prima y alinearse al itinerario de producción en ese momento. En el caso que se necesite empaquetar el producto con mayor prontitud, la producción se torna aún más difícil. Sin tomar en consideración los gastos que la compañía tiene que incurrir para la carga, transporte y descarga del producto a sus instalaciones. Para poder solucionar esta situación se estará realizando un proyecto en el cual se realizara un diseño de un sistema automático para manufacturar jugo, el mismo será implementado y probado.

El objetivo de este proyecto de diseño es reducir el tiempo de producción para aumentar las cantidades producidas fusionando la manufactura y el empaque los productos de una industria de jugos en un solo local para. Esta fusión se realizará creando un cuarto para manufacturar el producto, uniéndolo con la maquinaria de empaque actual y utilizando la tecnología de control, para automatizar y monitorear todo el proceso.

La decisión de realizar un proyecto para implementar un sistema automático en la manufactura del jugo se hace debido a que este sistema reducirá el tiempo de espera por el camión con producto, haciendo que el producto esté disponible en el momento y aumentaría la productividad de la producción de Jugos [1].

La mayor contribución de este proyecto de diseño será la utilización del estándar ANSI/ISA-88 como base para la integración del sistema de control automatizado. La configuración y desarrollo utilizando este estándar permitirá a los integradores, gerentes y operadores obtener un mejor entendimiento del proceso. Además, realizarlo de esta manera reducirá el tiempo de diseño, implementación, y prueba durante la vida del proyecto [2]. Por último, permitirá a

integradores a ahorrar tiempo a la hora de implementar nuevas aplicaciones, brindando mejor entendimiento del proceso a los gerentes y operadores del mismo. En resumen, la planta busca la opción de expandir y mejorar su producción para poder sufragar la demanda actual, actualizarse para poder ser competitivos y obtener mejores ganancias.

METODOLOGÍA

La metodología de este trabajo de diseño consistirá de la organización de un proyecto para fusionar y automatizar la producción de jugos. Se hará un estudio comparativo del tiempo que le toma al producto estar listo para la venta para determinar si hay adelanto en el proceso de producción de jugos.

Se empleará una jerarquía de manejo de proyectos como ilustra la Figura 1, la cual ayudara a maximizar la productividad y reducir el tiempo de ejecución del mismo mediante el empleo de varios

recursos a la vez. Cada recurso se le asigna una disciplina específica para gestionar en paralelo con el resto de sus compañeros. Si la disciplina se subdivide en diferentes tareas, el recurso asignará cada tarea a un grupo de recursos adicional con el fin de ejecutar eficientemente las tareas.

Se estará construyendo un sistema completamente automatizado siguiendo el Diagrama de Tubería e Instrumentación (P&ID siglas en inglés) que de la Figura 2 para alcanzar los objetivos de este trabajo.

Este diseño consistirá de los siguientes elementos principales:

- Un tanque mezclador
- Un tanque de almacenaje del jarabe de maíz de alta fructosa (HFCS, siglas en inglés)
- Un tanque de almacenaje de producto
- Sistema de válvulas
- Un sistema de control automático.

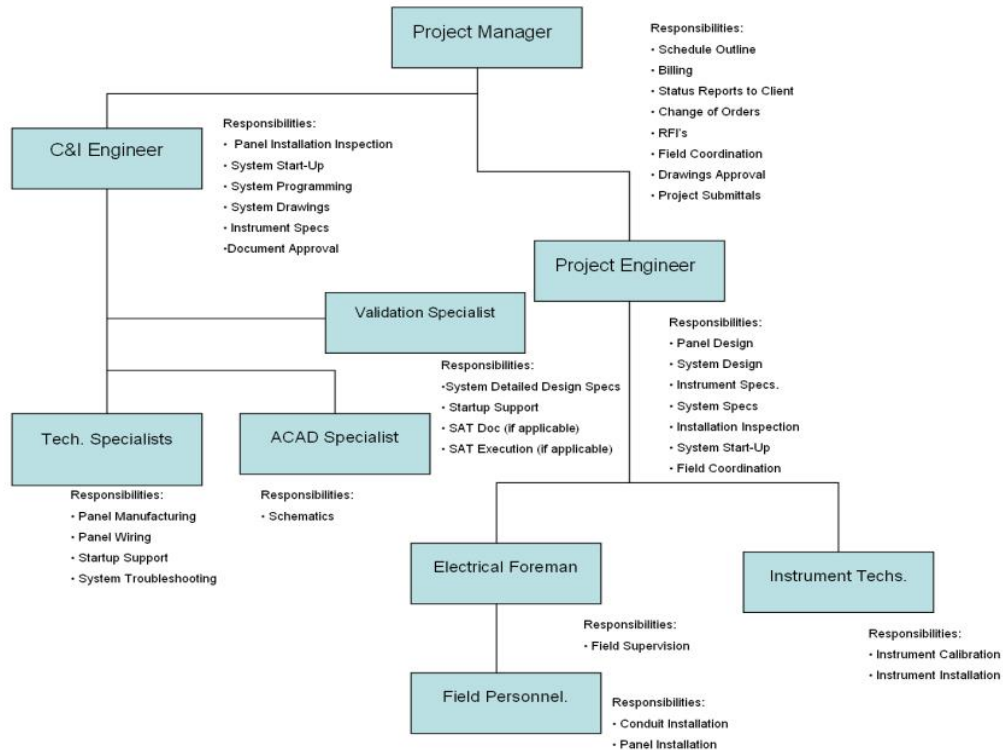


Figura 1
Jerarquía de Gestión de Proyectos

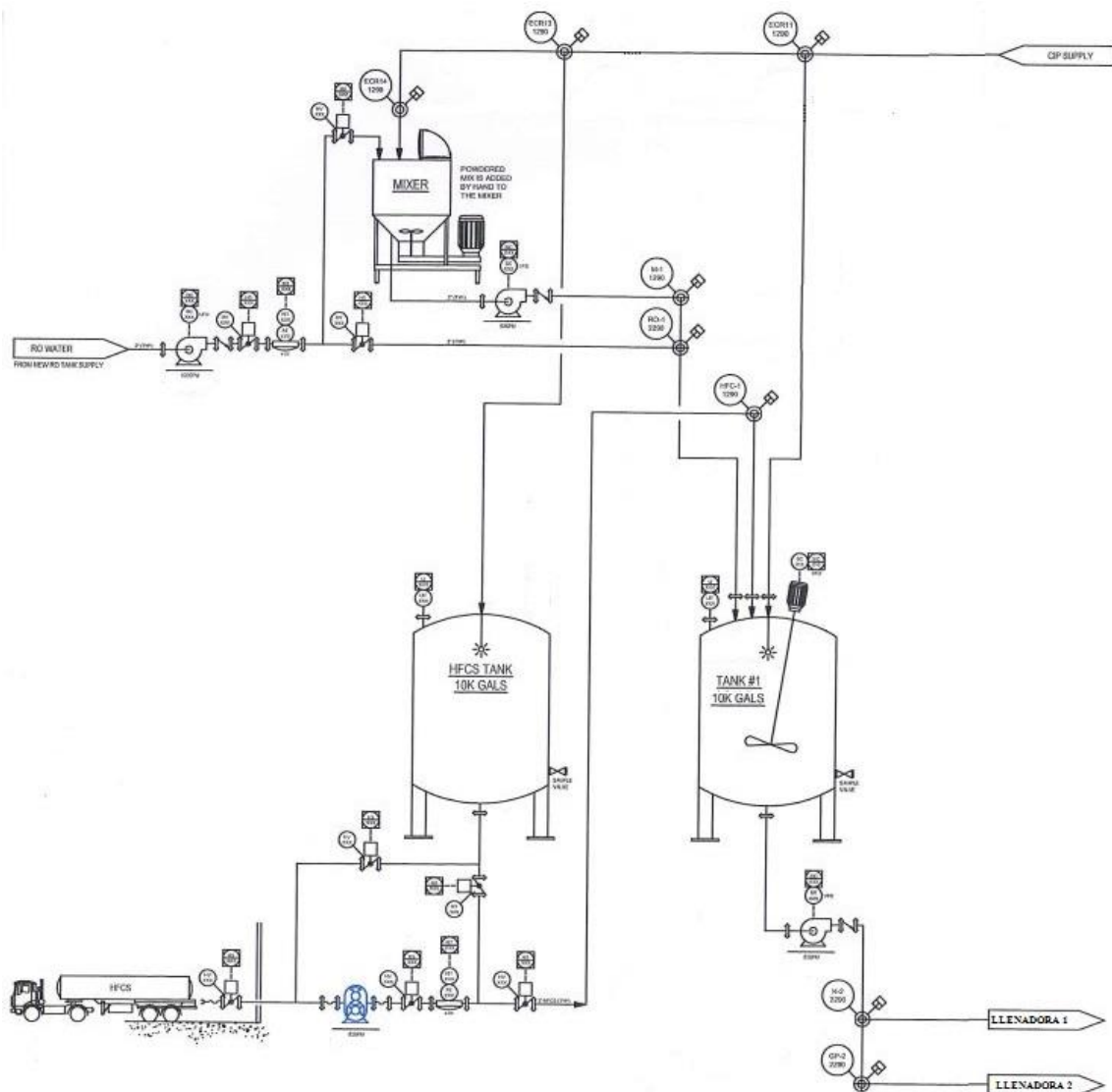


Figura 2
Diagrama de Tubería e Instrumentación del Sistema de Producción de Jugos

El sistema de control incorporado tendrá la capacidad de manejar áreas relacionadas con control y visualización de procesos, manejo de alarmas, enclavamiento y parámetros de ingeniería y operación. Como podemos ver en la Figura 3, tenemos una aplicación de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA siglas en inglés) [3] en tres niveles de supervisión. En el nivel 0 se encuentran los actuadores e instrumentación, en el nivel 1 están los controladores y visualización remota y en el nivel 3 tenemos los servidores con los diferentes programas para monitoreo. Este

sistema será desarrollado y configurado de tal modo que pueda ser operado tanto con control local como visualización remota a través de la aplicación SCADA. Además, este sistema será configurado siguiendo el estándar 88 de la Sociedad Internacional de Automatización (ISA88) el cual permitirá al mismo un fácil manejo y personalización de requerirse preparar una nueva receta.

A continuación se describirán las diferentes actividades que se van a estar realizando para poder llevar a cabo este proyecto de diseño. El sistema de

tanques va a ser operado por un panel de control el cual va a tener un Controlador de Automatización Programable (PAC, siglas en inglés). Este control va a ser el responsable de completar la operación y rutinas de control del tanque de mezcla, incluyendo la transferencia de producto a los tanques. Este panel de control incluirá un HMI el cual será interconectado a un sistema SCADA a través de red Ethernet. En la Figura 3 tenemos el sistema será controlado y monitoreado desde la aplicación SCADA y a su vez maneja las alarmas y enclavamientos del sistema de control. Los siguientes componentes principales serán utilizados para manejar el proceso de la producción de jugos.

- Panel de control de lote – en este panel se ubicaran todos los componentes eléctricos y electrónicos tales como el PAC, los interruptores Ethernet, actuadores solenoide.
- Panel de control de motores – en este panel se ubicaran los variadores de frecuencia utilizados

para controlar los motores que van a mantener el producto agitándose.

- Tres servidores dedicados – uno de ellos va a recolectar la data histórica, el otro va a operar el control de lotes del sistema y el ultimo será dedicado a la visualización del sistema.

Se preparará un documento de especificaciones de diseño del sistema para su aprobación y para su uso en el desarrollo de actualización del sistema. La especificación será escrito de manera que la funcionalidad y el diseño de la arquitectura del sistema puede ser entendida correctamente. El documento sirve de base para la ejecución y simulación, así como la puesta en marcha y calificación del sistema. Además, se desarrollará los planos necesarios para dar cumplimiento a la actualización del sistema.

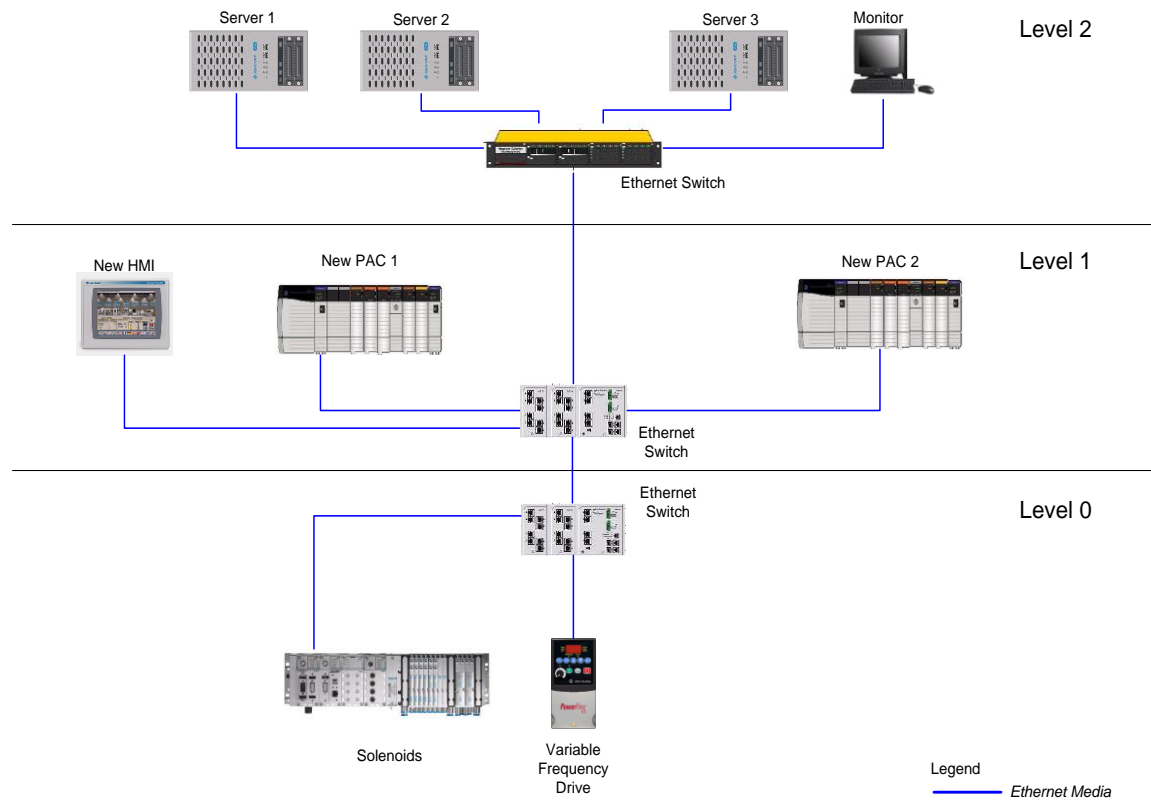


Figura 3
Arquitectura del Sistema de Control en Supervisión, Control y Adquisición de Datos

Un repositorio de datos se desarrollará en el servidor del historiador. Toda la plataforma se configurará y se programará para que los informes puedan ser generados, y los datos históricos puedan ser dibujados y analizados. Estos reportes que consisten en un fondo fijo y las variables obtenidos directamente del sistema. Reportes que requieran una programación personalizada o también reunir data periódicamente o manipular data antes de enviarla al reporte final. Una revisión de código se realizará en todo el software desarrollado o modificado para este proyecto. Las revisiones de código se producirán en el 50% y el 100% de los niveles de finalización de código

Para verificar que el sistema automático fue realizado exitosamente, se preparará un plan de pruebas de aceptación que definirá los elementos y secuencias a examinar, el método de prueba que se utilizará y en un reporte de acciones correctiva para cada prueba fallida [4]. En esta prueba se estará revisando lo siguiente:

- Instalación
 - Programación
 - Equipo
 - Comunicación
 - Potencia
- Operación
 - Secuencias
 - Grabado de data
 - Enclavamientos
 - Alarmas
- Prueba de entrada y salida del PAC

Para determinar si la implementación de un sistema automático cumple con los objetivos se van a realizar los siguientes estudios comparativos:

- Tiempo de espera del jugo manufacturado versus la manufactura local.
- Tiempo de producción del jugo.
- Cantidad de lotes producidos.

Para el tiempo de espera del camión carguero con producto versus la manufactura local se va a estar tomando una muestra de 10 lotes del mismo producto y la misma cantidad. El tiempo se medirá en horas y la idea es comparar cuanto tiempo es la

espera del producto ya terminado de otra planta versus manufacturarlo. Llamaremos a los lotes con números genéricos para proteger la identidad de la industria de bebidas. Se va a colocar la información en una tabla comparativa y se va a realizar una gráfica para ver la diferencia entre ellos.

Se desarrollará una tabla comparativa para el tiempo de producción de lotes antes y después de la implementación del sistema automatizado, donde se medirá en horas el tiempo que le toma a la industria de bebidas producir el jugo utilizando producto manufacturado externamente (otra facilidad) y cuando el producto es manufacturado y empaçado en el mismo lugar. Se hará una muestra de diez lotes donde se compara la producción desde que se envía la petición a manufactura, hasta el producto final. En este estudio no se considerara el tiempo de inactividad de cada producción. Luego se hará una gráfica para realizar una comparación visual de los datos encontrados. En este caso queremos observar cómo se comporta la producción en general en esta planta.

Finalmente el último estudio que se realizara a la producción será comparar la cantidad de lotes que se realizó antes de la implementación del sistema automático y la realizada después. Para esta prueba se tomara una muestra de dos meses en temporada alta para la producción utilizando producto ya manufacturado en otra planta para la producción utilizando producto manufacturado en el mismo local. Lo que se pretende es observar si hay un incremento en la producción mensual. Los datos obtenidos serán ingresados en la Tabla 3 y se realizará una gráfica para comparar los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados tenemos fotografías del proyecto ya realizado y funcional. A continuación se mostraran algunas ilustraciones del sistema completamente terminado. En la Figura 4 tenemos la realización del tanque de HFCS, los paneles de control y el interfaz Hombre-Máquina.



Figura 4
Sistema de Lotes Automatizado



Figura 5
Tanque HFCS, Tanque 1 y Mezclador

En la Figura 5 podemos ver físicamente el dibujo del P&ID de la Figura 2 donde se encuentran el tanque de HFCS, el tanque de almacenamiento de producto y el mezclador. En la Figura 6 tenemos el reporte de aceptación requerido por la planta en el cual se indica el periodo de pruebas, las discrepancias encontradas y las acciones tomadas para que la prueba fuera satisfactoria.

Como se estableció en la metodología, se realizaron estudios comparativos para determinar el éxito del proyecto. Los resultados que se muestran son de cuánto tiempo le toma a la industria de bebidas realizar un lote de jugos embotellados antes

y después de la implementación del sistema automático. En la los datos de tiempo de espera del camión carguero con producto versus la manufactura local mostrados en la Tabla 1 y la Figura 7, vemos los resultados del tiempo de espera del camión carguero con producto versus la manufactura local.

Observando los resultados de esta prueba, podemos ver que los tiempos de espera por el camión carguero son altos y varían en comparación a los de manufactura local, los cuales no llegan a las 12 horas y son bien consistentes.

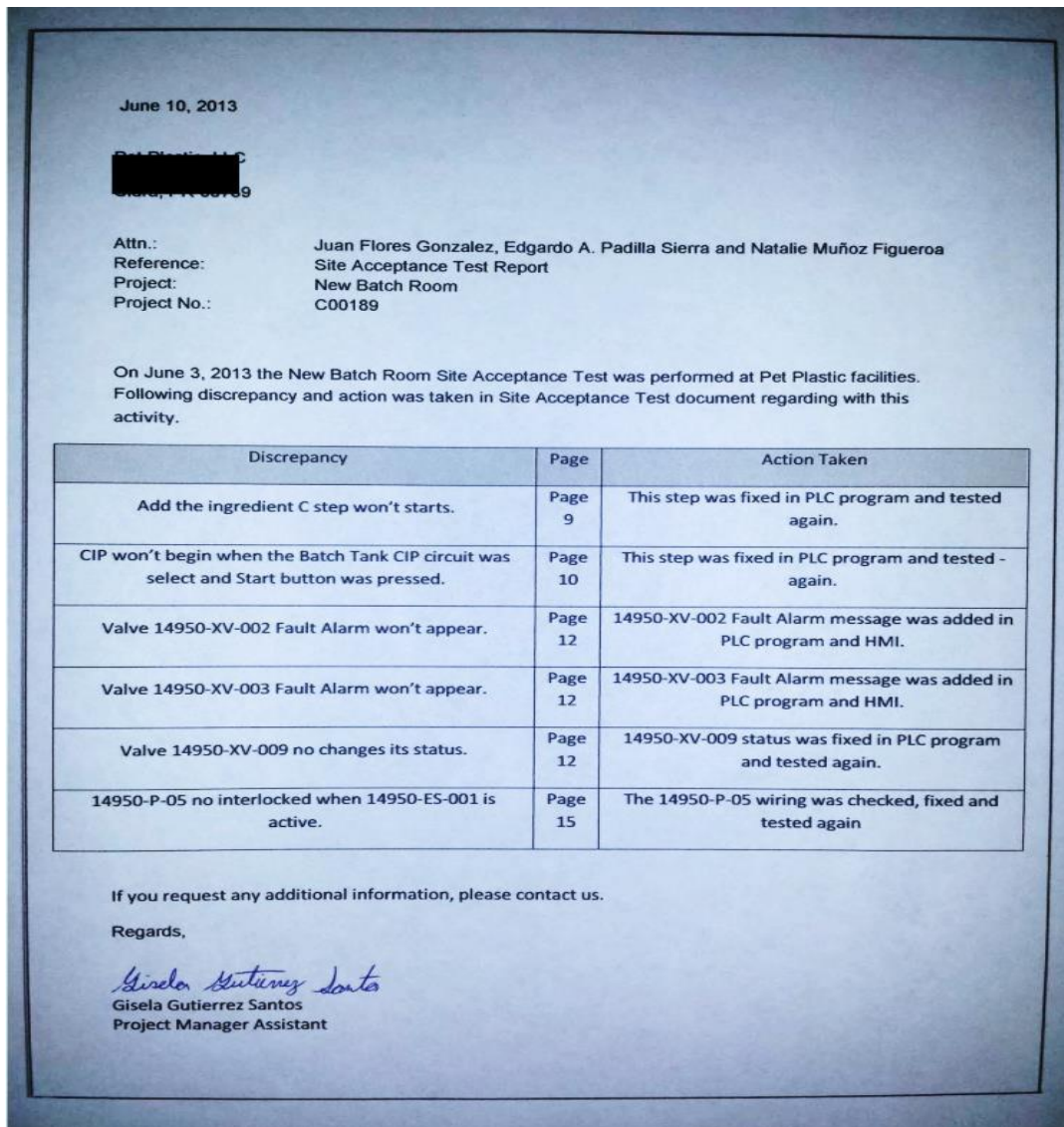


Figura 6
Reporte Final de la Prueba de Aceptación

Tabla 1
Datos de Tiempo de Espera del Camión Carguero con
Producto versus la Manufactura Local

Número de Lote	Tiempo de espera del producto (hrs.)	Tiempo manufactura local (hrs.)
1	112	4
2	64	6
3	112	5
4	160	4
5	62	4
6	136	4
7	112	5
8	88	5
9	184	4
10	112	5

Tabla 2
Datos de Prueba de Tiempo de Producción del Jugo

Número de Lote	Tiempo producción sin el sistema automático (hrs.)	Tiempo producción con el sistema automático (hrs.)
1	30	42
2	33	47
3	29	42
4	29	41
5	31	43
6	30	42
7	31	44
8	29	42
9	32	44
10	29	42

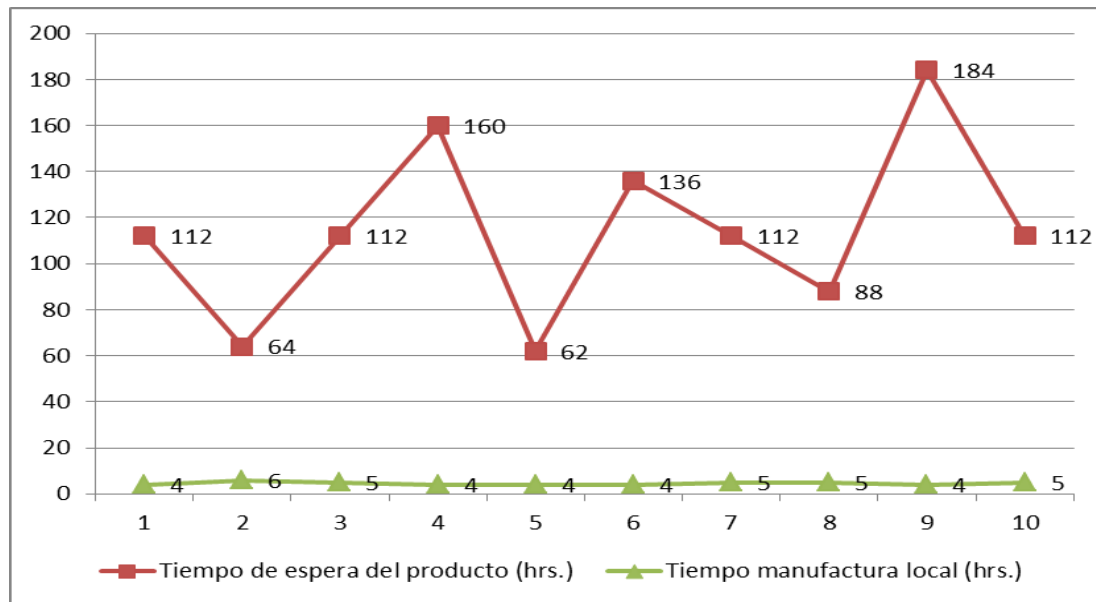


Figura 7
Datos de Tiempo de Espera del Camión Carguero con Producto versus la Manufactura Local

Para el tiempo de producción de lotes antes y después de la implementación del sistema automatizado se recopilaban datos, en horas, de la producción de diez lotes individuales y se colocaron en la Tabla 2.

Se compara la producción desde que se envía la petición a manufactura, hasta el producto final.

Como podemos observar los datos de la prueba de tiempo de producción del Jugo de la Figura 8, la producción el tiempo de producción de jugo es sin

el sistema automático es mejor que la misma cuando el mismo fue implementado. Es normal que se haya obtenido esos resultados debido a que el producto antes del sistema llegaba manufacturado de otra planta, por lo que el tiempo que tomaba era solo empacarlo. Sin embargo la diferencia entre ellos es constante.

Finalmente el último estudio que se realizó fue la comparación de la cantidad de lotes que se manufacturo antes de la implementación del

sistema automático y la producida después. Para esta prueba se tomaron muestra de los meses de febrero y junio 2013 de la producción utilizando producto manufacturado en la planta y el mes de marzo y julio 2013 para la producción utilizando producto manufacturado en el mismo local. Los datos obtenidos fueron colocados en la Tabla 3.

Tabla 3
Datos de la Prueba de Lotes Producidos

	<i>Producción sin el sistema automático</i>	<i>Producción con el sistema automático</i>
<i>Lotes producidos</i>	8	15

Se seleccionaron los meses de junio y julio debido a que, según personal de producción, son equitativos en término a la alta demanda de jugo.

En la gráfica de los datos de la prueba de cantidad de lotes producidos mostrada en la Figura 9, podemos notar que esta última, aunque la muestra fue de pocas proporciones, podemos notar que la producción mensual en época activa básicamente se duplico. Esto es debido a la disponibilidad y a la estabilidad que tiene el producto ahora que se manufactura en la misma planta.

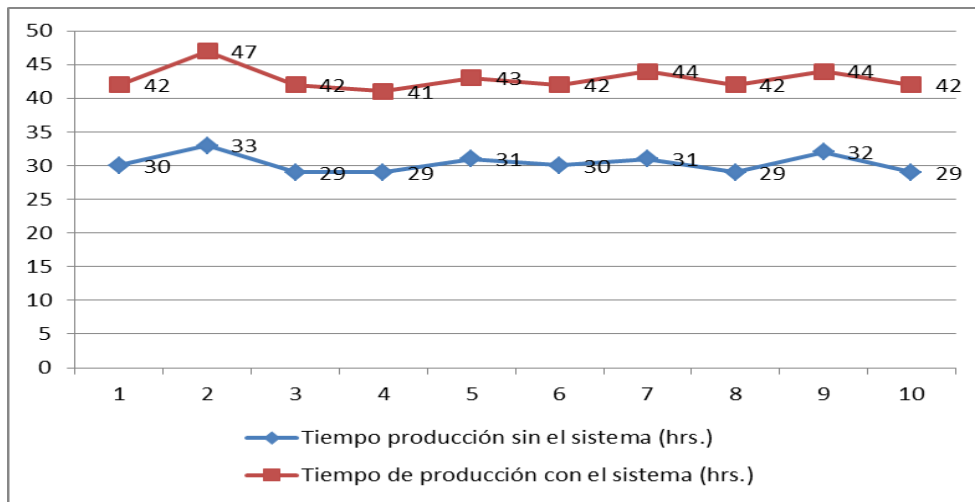
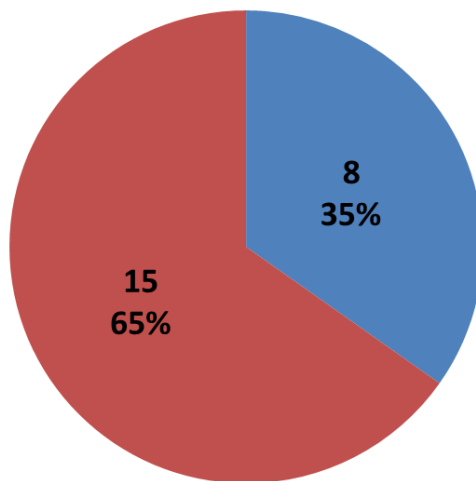


Figura 8
Datos de Prueba de Tiempo de Producción del Jugo



■ 1 Producción con el sistema automático ■ 2 Producción sin el sistema automático

Figura 9
Datos de la Prueba de Cantidad de Lotes Producidos

CONCLUSIÓN

Como pudimos ver, el proyecto de diseño de un sistema automatizado de lotes para una fábrica de consumo fue realizado exitosamente. En el documento de las pruebas de aceptación del sistema a la planta obtuvimos que dé ciento diez pruebas que se realizaron al sistema, solo seis fallaron lo que equivale a un 5% de error. Sin embargo, estos errores fueron corregidos el mismo día, fueron realizados nuevamente y pasaron las pruebas. El sistema es funcional y se encuentra bajo operación de la planta.

En la prueba de tiempo de espera del camión carguero con producto versus la manufactura local, la variación de parte del tiempo de espera por el camión carguero, hace inestable la planificación de la producción de jugos ya que se desconoce cuánto tiempo va a tomar el tener producto disponible para empacar. Sin embargo, en la manufactura local, al ser consistente, la planificación se vuelve predecible y manejable. Todavía faltan dos pruebas adicionales para determinar si en efecto el proyecto cumplió con los objetivos.

La producción no fue afectada más allá de aumentar el tiempo de producción en la prueba de tiempo de producción de lotes antes y después de la implementación del sistema automatizado,. Esto indica que la implementación del sistema automático solo afectó el tiempo de producción y por el momento no afectó negativamente otras variables de producción como lo es el tiempo muerto.

En el estudio de la comparación de la cantidad de lotes que se manufacturo antes de la implementación del sistema automático y la producida podemos decir que al duplicarse ahora se puede sufragar la actual demanda de jugo en temporada alta. Este resultado final nos indica que las tres pruebas comparativas favorecen al proyecto como alternativa para reducir el tiempo de producción y así mismo poder sufragar la gran demanda que tiene el producto en temporada alta.

El objetivo de este proyecto de diseño era reducir el tiempo que le toma a una industria de

bebidas la producción del jugo fusionando la manufactura y el empaque los productos en una sola planta. Dado que la implementación del sistema fue realizada exitosamente y los resultados encontrados en los estudios comparativos fueron favorables podemos concluir que el proyecto cumplió con los objetivos planteados.

Para finalizar, una sugerencia que se puede dar es la ampliación de la producción añadiendo más tanques de almacenaje y mezcladoras que permita hacer procesos en paralelo. El sistema fue diseñado pensando en esa alternativa lo que hace más fácil la adición de estos componentes.

REFERENCIAS

- [1] Kalpakjian, S., *et al.*, "Aumento en la Productividad", *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, Vol. No. 4, 2002, p. 1
- [2] Parshall, J., *et al.*, "Beneficios del estándar ANSI/ISA 88", *Journal Applying S88: Batch Control from a User's Perspective*, Vol. No. 1, 1999, p. 1
- [3] Bailey, D., *et al.*, "Supervisión, Control y Adquisición de Datos", *Practical SCADA for Industry*, Vol. No. 1, 2003, p. 3.
- [4] Hambling, B., *et al.*, "Plan de Pruebas de Aceptación", *User Acceptance Testing – A step-by-step guide*, Vol. No. 1, 2013, p. 5.