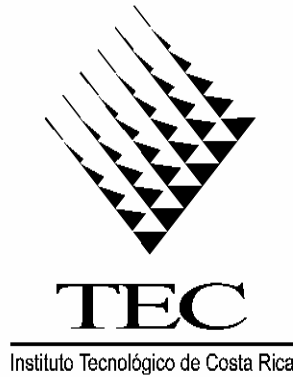


Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería en Electrónica



Diseño y desarrollo de un sistema que minimice las pérdidas de tiempo en el proceso de ensamble de cable categoría 5e.

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

Leonardo David Alfaro Rojas

Grecia, enero del 2007

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

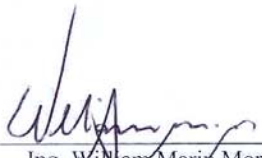
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

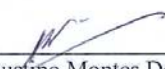
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

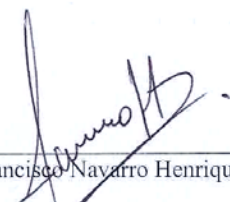
Miembros del Tribunal


Ing. William Marín Moreno

Profesor lector


Ing. Faustino Montes De Oca Murillo

Profesor lector


Ing. Francisco Navarro Henríquez
Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

ITCR, Cartago. 4 de junio del 2007.

Grecia, 5 Junio 2007

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Leonardo Alfaro Rojas', with a stylized, overlapping structure.

Leonardo Alfaro Rojas

Cédula: 2 573 538

Resumen:

En Panduit de Costa Rica Ltda. en la línea de ensamblaje existen operarios cuya función es muy simple pero necesaria.

Se ha determinado que la automatización de estas tareas simples es de suma utilidad para aprovechar la mano de obra en tareas con mayor complejidad.

Para el ensamble de cable categoría 5E existen trabajadores que se encargan de colocar los terminales RJ45 en los extremos del conductor, que es transportado por una banda. Cada operario en la línea tiene asignado un color en la banda transportadora, debe encargarse de ensamblar los cables que sean transportados sobre su color correspondiente.

Actualmente el método que se utiliza para el control de la producción de cable de cada operario es rudimentario y no permite un control apropiado al departamento de producción.

El departamento de producción ha detectado que en las líneas se está perdiendo tiempo durante el ensamble de los conectores. Lo que implica un costo en salarios y producción.

La empresa desea un sistema que evidencie si existen pérdidas de tiempo por parte de los operarios, y que además sea capaz de minimizar el tiempo desaprovechado.

Palabras claves: Terminales RJ45, sensores, automatización, programación, ensamble, control, banda transportadora.

Abstract

In Panduit of Costa Rica Ltda. workers make some simple but needed functions.

It has been determined that the automation of those functions could be useful by using the handwork in more complex tasks.

The assembly of the wire Cat5e is made by people that's put the terminal RJ45 at the end of the conductor. The assembly is transported on a conveyor. Each operator has a color assigned, which corresponds to a colored strip placed on the conveyor belt. The operators have to pick and assemble the cable placed over the colored strip that corresponds to the color assigned to his workstation. This is performed to assure proper line flow.

Currently, the method to place the cables over the colored strip is rudimentary and does not allow an appropriate control of the Production Department.

The Production Department has detected that there is a time waste during the assembly of the connectors. That implies cost increase and production loss.

The company intends to have a system capable of showing time loss by operators and besides a system able to minimize the waste.

Keywords: Terminals RJ45, sensors, automation, programming, control, assembly, conveyor.

Dedicatoria.

La dedicatoria a continuación involucra no solo el proyecto de graduación sino que se extiende al total de la carrera universitaria.

No conozco palabras apropiadas para agradecer el continuo, incondicional, y supremo apoyo de mi familia durante cada minuto de todos mis estudios.

A mis amados padres Carlos Alfaro y Marlene Rojas, hermanas Andrea y Franciny Alfaro, quienes en esos cortos fines de semana recargaban mis energías con besos, abrazos, postres y su invaluable tiempo.

Bendiciones a todos los compañeros de escuela, colegio, universidad y otros que siempre motivaron y guiaron por el mejor camino.

Agradecimientos.

El apoyo de los diferentes departamentos de Panduit de Costa Rica es digno de un caluroso agradecimiento de mi parte.

Al equipo de mantenimiento donde el Ingeniero Marco Álvarez abrió las puertas de la compañía para desarrollar el proyecto. El ingeniero Jose Alberto Jiménez quien junto con el Ingeniero Álvarez compartieron ideas para alcanzar los objetivos. No se puede dejar de lado a Donald Villalobos, Jesús Gonzáles, Jonathan Barrantes y el resto de mecánicos quienes siempre tuvieron su mano extendida cuando se les necesitó.

Al grupo de Ingeniería en donde los Ingenieros Fernando Castro, Cristian Aguilar fueron soporte fundamental en el desarrollo del sistema.

A todos las personas que tuvieron que ver de una u otra forma con el proyecto de graduación se les desea las mejores bendiciones.

Por su puesto que se extiende los agradecimientos a mis familiares quienes son los protagonistas de la dedicatoria de la carrera universitaria.

Índice general:

Capítulo 1: Problema existente e importancia de la solución.	13
Introducción al capítulo 1:	13
1.1 Proceso de ensamble.	13
1.2 Antecedentes del problema:	13
1.3 Problema:	14
1.4 Solución proyectada o posibles soluciones.	15
1.4.1 Requerimiento	15
1.4.2 Descripción general de la solución.	15
Capítulo 2: Meta y objetivos.....	16
2.1 Meta	16
2.2 Objetivo general.....	16
2.3 Objetivos específicos	16
a. Objetivos de Hardware.....	16
b. Objetivos de software	16
c. Objetivos de documentación	17
d. Objetivos de implementación	17
Capítulo 3: Marco teórico	18
3.1 Descripción del proceso a mejorar.....	18
Proceso de ensamble.	18
Descripción de las estaciones:	18
3.2 Descripción de los principales principios físicos y electrónicos relacionados con la solución del problema	21
Aceleración por fuerza de gravedad:	21
Tercera ley de Newton (Acción-reacción):.....	21
Capítulo 4: Procedimiento metodológico	22
4.1 Reconocimiento y definición del problema	22
4.2 Obtención y análisis de información.....	22
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución	22
4.4 Implementación de la solución	23

4.5 Reevaluación y rediseño	23
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución.....	24
Análisis de soluciones y selección final.....	24
Diseño uno:	24
Diseño dos:.....	25
Diseño tres:	26
Diseño cuatro:	27
Diseño cinco, versión final.	31
Descripción de hardware:	33
Sensado de secuencia de colores en la banda.	33
Sensado de ganchos cargados con cable.....	34
Sensado de estaciones ocupadas.	35
Control automático.....	36
Control de la etapa de potencia.....	37
Análisis	41
Resultados Obtenidos.....	41
Pruebas de eficiencia.....	41
Implementación del prototipo con materiales de la empresa.....	42
Mejoras en la producción.....	44
Diseño del prototipo en AutoCad	46
Conclusiones	47
Recomendaciones.	48
Apéndices:.....	51
Apéndice 1: Información sobre la empresa.	51
Descripción de la empresa.	51

Índice de figuras:

Figura 1. Desplazamiento de los ganchos por la guía.....	15
Figura 2. Diagrama de bloque del proceso de ensamble.	18
Figura 3. Imagen de la banda transportadora con sus colores asignados.....	19
Figura 4. Idea para el Primer diseño, utilizando el concepto de tobogán, una serie de pistones controla el paso de los cables hasta la zona de dispensado.	24
Figura 5. Imagen para el diseño dos. Utilizando una banda transportadora se utilizan barreras para controlar el paso de los cables hacia la zona de dispensado.	25
Figura 6. Concepto del diseño tres. Representa una mesa giratoria con ganchos que permitan trasladar el cable.	26
Figura 7. El diseño cuatro consiste en una serie de ganchos que se desplazan por gravedad hasta la posición de dispensado.....	27
Figura 8. Carrito para transportar el gancho del diseño cuatro. a) Vista lateral, b) Vista frontal, c) Vista superior d)Isométrico.....	28
Figura 9. Gancho para colgar el cable del diseño cuatro. a) Vista lateral, b) Vista frontal, c)Vista superior, d)Isométrico.	29
Figura 10. Isométrico del mecanismo de liberación del diseño cuatro.....	29
Figura 11. Posición inicial para la liberación para el cuarto diseño. La presencia del material de sujeción evita que el gancho gire y libere el cable.....	30
Figura 12. Posición de giro para la liberación para el cuarto diseño. Unas cuñas producen un giro en el gancho liberando el cable.	30
Figura 13. Diagrama de la maquina dispensadora de cable. El sistema traslada el cable hasta la banda trasportadora. Se diferencian los ganchos vacíos de los llenos para su apropiado control.	31
Figura 14. Fotografía del prototipo desarrollado para mostrar la necesidad del dispensador en la empresa.	32
Figura 15. Primera imagen del diseño en AutoCad para la estructura del dispensador....	33
Figura 16. Segunda imagen del diseño en AutoCad para la estructura del dispensador. .	33

Figura 17. Identificación de secuencia colores en la banda. Se utiliza el sensor inductivo descrito a continuación.	34
Figura 18. Sensor inductivo Allen Bradley. Es utilizado para identificar la secuencia de colores en la banda de ensamble. [5]	34
Figura 19. Sensor óptico Allen-Bradley. Es utilizado para detectar el cable trasportado en los ganchos. [6]	35
Figura 20. Detección de ganchos llenos y vacíos. Se hace con el sensor óptico descrito anteriormente.	35
Figura 21. Interruptores utilizados en las estaciones de ensamble. Permite identificar cuales estaciones tienen un trabajador asociado. [8]	36
Figura 22. Colocación de interruptores en cada puesto de trabajo.	36
Figura 23. El controlador lógico programable utilizado fue el Micrologix 1100 de Allen-Bradley. [9]	36
Figura 24. Variadores de frecuencia utilizado para controlar la velocidad de la banda con colores. [7]	37
Figura 25. Circuito para controlar el variador de frecuencia WEG visto anteriormente. .	37
Figura 26. Circuito para controlar el motor monofásico. Utiliza el contactor ABB que se ve a continuación. En serie un brake de 16A para proteger sobrecargas.....	38
Figura 27. Contactor de ABB utilizado para controlar el motor AC de 110V. Con la salida de 24V del PLC deja pasar o no corriente eléctrica al motor. [10]	38
Figura 28. Fotografía de los desechos utilizados como ganchos.	43
Figura 29. Fotografía de desechos de moldeo.	43
Figura 30. Fotografía del dispensador cargado con cable.....	44
Figura 31. Gráfica de crecimiento en la producción por hora de tres operarios. Se nota un aumento del 20% de la producción.....	45

Índice de Tablas:

Tabla 1. Asociación de colores y secuencia de números en el controlador.....	39
Tabla 2. Uso de las salidas del PLC.....	40
Tabla 3. Resultados de la primera prueba de eficiencia.....	41
Tabla 4. Resultados de la segunda prueba de eficiencia.....	42
Tabla 5. Resultados de la tercera prueba de eficiencia.	42
Tabla 6. Cuadro comparativo de la producción sin dispensador y con dispensador.	45
Tabla 7. Cuadro comparativo de la producción diaria.....	46

Capítulo 1: Problema existente e importancia de la solución.

Introducción al capítulo 1:

En este capítulo el lector encontrará una descripción del proceso de ensamble en la empresa. Podrá leer una descripción general de la solución implementada en el proyecto.

1.1 Proceso de ensamble.

En Panduit de Costa Rica se sigue un proceso para el ensamble del cable para red categoría 5E que consiste en 6 estaciones donde se realizan trabajos específicos. Las estaciones se explican con detalle en la sección 4.1.

Corte: Consiste en una estación donde se crean cables de diferentes longitudes.

Enrollar: En esta estación se toma el cable cortado anteriormente se enrolla y se coloca una amarra.

Dispensar: El encargado de esta estación tiene como tarea dispensar cable en la banda transportadora a los ensambladores.

Ensamblar: En el proceso de ensamble, los trabajadores deben colocar los conectores RJ45 en los extremos del cable.

Probar: En esta estación se prueba el cable con ayuda de equipos marca Fluke diseñados para esta tarea.

Empaque: En la estación de empaque se toma el producto final y se empaqueta en bolsas que luego se sellan, se colocan en cajas que luego son selladas.

1.2 Antecedentes del problema:

Partiendo de la breve explicación de proceso de ensamble se presentan los antecedentes del problema.

En la línea de producción de cable para red, categoría 5e, de Panduit de Costa Rica existen operarios encargados de colocar los terminales RJ45.

El departamento de producción en conjunto con el departamento de seguridad ocupacional ha determinado que cada operario en la línea debe producir 53 cables por hora. Si el ensamblador produce más, podría tener problemas de salud a largo plazo, y si produce menos, se afecta la producción de la empresa.

A partir de esta información se calcula que los operarios deben producir un cable aproximadamente cada 67.9 segundos, es decir, un minuto y 7.9 segundos.

Se determina que en las líneas de producción, los operarios pierden tiempo durante su trabajo.

Actualmente el control de la producción individual se hace mediante un supervisor que vela por que los operarios estén trabajando adecuadamente. Además del control de dispensado mediante colores que existe en la banda transportadora (ver sección 4.1).

Uno de los principales problemas del método de control actual es que no se puede determinar la eficiencia de la producción de los operarios. Esto implica que un operario puede estar haciendo muchos cables mal y no darse cuenta.

Se ha notado que una variable importante en el desperdicio del tiempo es cuando la persona encargada de dispensar el cable se ocupa también de otras tareas. Además, si este trabajador no está, el primer operario ensamblando en la línea ocupa ambas funciones, de modo que debe ensamblar y entregar cable a sus compañeros. En estos casos el cable no se entrega uno a uno sino que se hace en grupos pequeños.

Para estos casos la secuencia de colores en la banda transportadora pierde su función y cada trabajador ensambla cables a su ritmo. En estas situación el tiempo de ensamble por cable se hace mucho mayor a lo deseado, generando una perdida importante en la producción de la línea.

Los departamentos de producción, ingeniería y mantenimiento de la empresa Panduit de Costa Rica han ofrecido su apoyo al practicante con el fin de mejorar la supervisión y mejorarla.

Se ha determinado que las perdidas de tiempo en las línea de ensamble son reales y que representan un costo mayor a 60 minutos (más de una hora) diarios por operario.

1.3 Problema:

En la línea de ensamble de cable para red, se reduce la producción de cada operario en 8 cables por hora debido a perdidas de tiempo en el proceso.

1.4 Solución proyectada o posibles soluciones.

1.4.1 Requerimiento

- Diseñar un sistema mecatrónico capaz de mejorar la producción diaria.
- Cualquier sistema que se diseñe debe tener la aprobación del departamento de seguridad ocupacional.
- El equipo utilizado debe cumplir con las expectativas de mejora para mantener las normas de calidad mínimas de la empresa (normas ISO) [1],[2],[3].
- Debe cumplir con las necesidades de soporte para el eventual mantenimiento del equipo.
- Debe permitir acumular la demanda de cable para suplir la línea de ensamble por al menos 2 minutos.

1.4.2 Descripción general de la solución.

Se ha diseñado un sistema cuenta con una serie de ganchos que permiten a los operarios colocar los cables en una máquina y desentenderse del dispensado en la línea de ensamble.

En general el operario en la estación de enrollado toma los rollos de cable y los coloca en una maquina encargada de dispensar cables en las estaciones de ensamble.

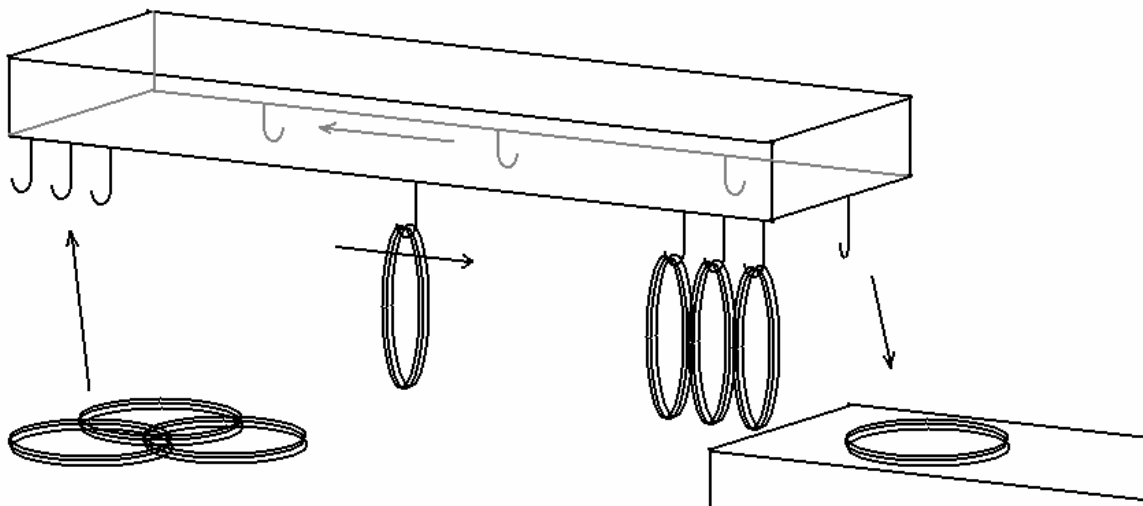


Figura 1. Desplazamiento de los ganchos por la guía.

Con el objetivo de optimizar los costos del proyecto se utiliza el mismo PLC que actualmente cuenta los cables producidos en la línea de ensamble.

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Se desea que los operarios encargados de ensamblar el cable categoría 5E alcancen la producción meta de 53 cables por hora cada uno.

2.2 Objetivo general

Desarrollar un sistema automático que permita un dispensado apropiado para la línea de ensamble.

2.3 Objetivos específicos

a. Objetivos de Hardware

Tomar las señales de control que corresponden a las estaciones ocupadas por el usuario.

Implementar un circuito de potencia que permita el uso de las señales de salida del PLC para controlar motores eléctricos para el sistema mecatrónico.

b. Objetivos de software

Desarrollar un programa en el PLC Allen-Bradley que sea capaz de diferenciar cuales estaciones de ensamble están ocupadas por un operario y tome en cuenta estos datos para dispensar el cable de manera adecuada en la banda transportadora.

Diseño de las diferentes partes mecánicas de la máquina por medio de la aplicación AutoCad, 3D. Debe ser una solución conjunta con el departamento de mantenimiento para sus eventuales reparaciones.

c. Objetivos de documentación

Crear un manual de usuario para el dispensador del cable, el documento debe ser implementado de manera que sea dirigido a los operarios de la planta.

Desarrollar un manual de mantenimiento del equipo que se desarrolla. Donde se detallen las partes mecánicas que se utilizan, las características y función de cada una. Los dibujos deben ser creados en AutoCad 3D. Todos los diseños deben ser entregados en un disco al departamento de mantenimiento.

d. Objetivos de implementación

Diseñar una estructura dispensadora de cable, capaz de suplir cable en la banda transportadora, con sistemas mecánicos simples y funcionales. La estructura y el funcionamiento debe cumplir con los requisitos mínimos que el departamento de seguridad laboral ha definido.

Capítulo 3: Marco teórico

3.1 Descripción del proceso a mejorar

Proceso de ensamble.

En Panduit de Costa Rica se sigue un proceso para el ensamble del cable para red categoría 5E que consiste en 6 estaciones donde se realizan trabajos específicos. En algunos casos tareas muy simples que pueden ser realizadas por equipos electrónicos. Ver figura 2.

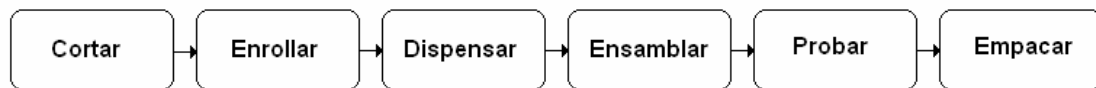


Figura 2. Diagrama de bloque del proceso de ensamble.

Descripción de las estaciones:

Cortar:

El proceso de corte de cable en la línea de producción se hace con ayuda de una máquina llamada Eubanks. En esta estación el cable puede ser cortado de diferentes tamaños, dependiendo de la orden que se este despachando.

La máquina además hace un corte, a la cubierta, en ambos extremos de cable. Este facilita al ensamblador tener acceso a los conductores

Enrollar:

El trabajador en esta estación debe tomar los cables cortados anteriormente, enrollar el cable y fijarlo con una amarra

Ensamblar:

En seguida, la estación para ensamblar se explica antes de dispensar para mejor entendimiento de la segunda.

El proceso de ensamble consiste en colocar los conectores RJ45 en los extremos del cable para red.

Para la categoría 5E el trabajador tiene aproximadamente 67.9 segundos para ensamblar ambos extremos del cable. En total cada operario debe producir 53 cables por hora.

Para que los ensambladores sean suplidos de cable y puedan despachar el producto a la estación siguiente se cuenta con una banda transportadora de aproximadamente 5 metros.

La banda es de color blanco y posee 10 líneas de colores pintadas en ella, cada uno de estos colores corresponden a una estación de ensamble.

Es importante diferenciar que los cables que lo operarios trabajan son iguales. Los colores son utilizados para diferenciar las estaciones de ensamble y con ello manejar la dispensación de cable, y controlar los tiempos de producción.

La estación de ensamble para la categoría 5E tiene un total de 10 personas ensambladoras con su color asociado en la banda transportadora. El trabajador debe colocar el producto ensamblado y tomar el cable sin ensamblar, que este siendo transportado en su color asignado. Ver figura 3 .

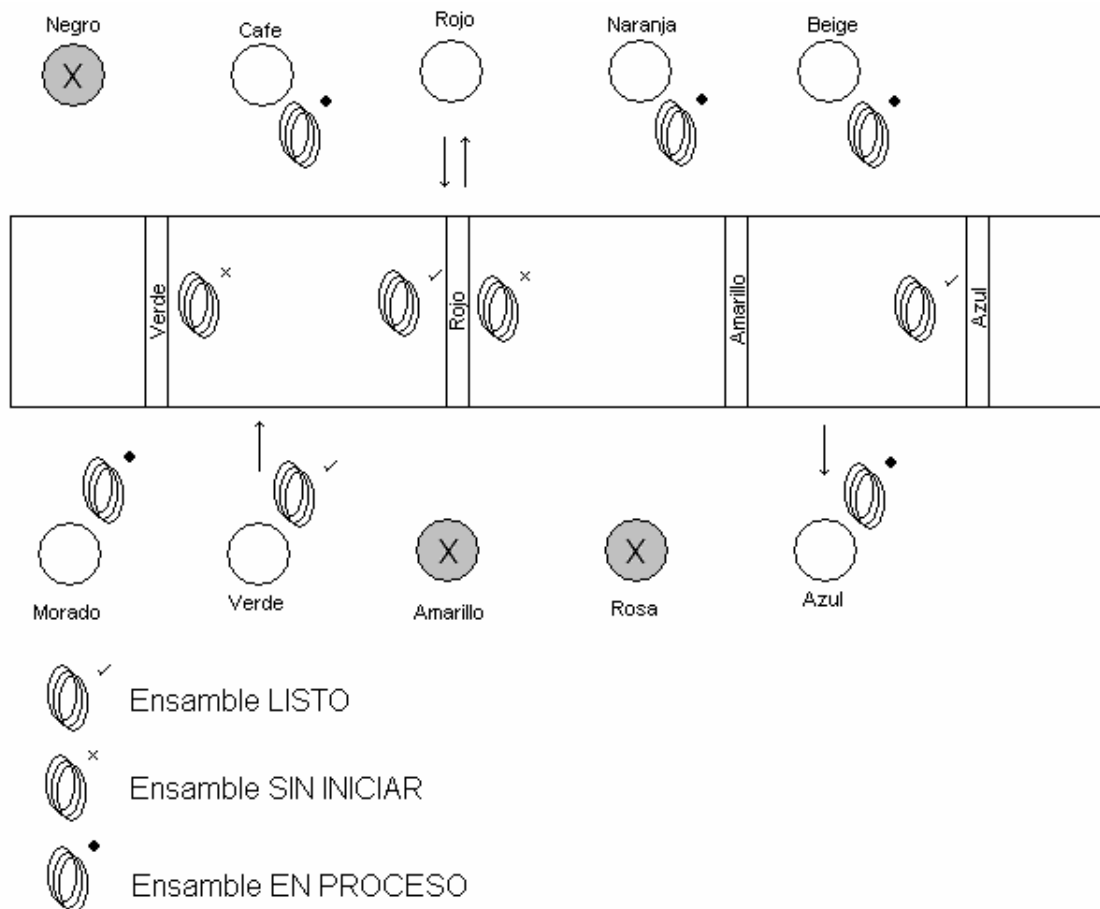


Figura 3. Imagen de la banda transportadora con sus colores asignados

En la figura 3 se aprecia un ejemplo de la línea de ensamble. Se puede ver que existen diez posiciones de ensamble y una banda transportadora donde existen líneas de colores que indican a los trabajadores cual cable les corresponde.

Algunos ejemplos del ensamble en la línea que se pueden ver son:

El operario con el color verde ya termino de ensamblar el cable y esta esperando que la banda le acerque un cable nuevo para trabajar.

El usuario con el color rojo tiene en frente su color correspondiente, por lo que coloca su cable terminado en la banda y recoge otro para ensamblar.

El trabajador en el color azul ya puso su cable terminado en la línea transportadora y en ese momento se encuentra ensamblando el nuevo cable.

Se puede ver que en las estaciones negro, amarillo y rosa no tienen ningún operario y en la línea transportadora se nota que en el color amarillo no hay ningún cable, ni listo ni por ensamblar. Por esta razón se debe tomar en cuenta cuales estaciones están ocupadas.

Los trabajadores en la posición café, naranja, beige y morado se encuentran ensamblando en ese momento.

Dispensar:

En esta estación el operario debe dispensar los rollos de cable en la banda trasportadora para que los ensambladores los tomen y armen.

La persona encargada de dispensar el cable debe tomar en cuenta cuales estaciones de ensamble están ocupadas y entregar cable solo a aquellos colores con un trabajador asociado.

De manera que el dispensador tiene la responsabilidad de que cada ensamblador tenga en frente suyo un cable cada 67.9 segundos.

Probar:

El operario en la estación encargada de probar el cable debe tomar el producto ensamblado y probarlo de acuerdo a parámetros de calidad definidos por la empresa. La rigidez de estos parámetros depende de la longitud del cable.

La prueba del producto se hace con equipo Fluke diseñado para esta función. Si el producto pasa las pruebas de calidad se envía a la estación siguiente, si por el contrario falla en alguna de ellas se separa para ver por que fallo y de ser necesario repetiría el proceso de ensamble.

Empaque:

En esta estación se toma el producto terminado y se empaca en bolsas que a su vez son selladas y colocadas en cajas que luego son selladas.

3.2 Descripción de los principales principios físicos y electrónicos relacionados con la solución del problema**Aceleración por fuerza de gravedad:**

Debido a que los ganchos se van a desplazar hacia abajo por la atracción gravitacional es necesario retomar los principios físicos de fuerzas $F = M * A$. [3] De esta manera se determina la velocidad deseada para el transporte de los cables.

Tercera ley de Newton (Acción-reacción):

Dado que el sistema va a transportar cables de varios tamaños y en consecuencia, diferentes peso; se debe tomar en cuenta que el material que sostiene los ganchos cargados debe soportar el peso del acumulado de ganchos totalmente cargado. El material no debe curvarse por el uso

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

El método que se ha seguido para la identificación del problema es una serie de entrevistas con las personas encargadas de la línea de ensamble del cable categoría 5E

Para empezar se ha conversado con el ingeniero Luis Fernando Castro que es el encargado de la línea de producción de cables en todas las categorías. El fue quien expuso el problema que se tiene en las líneas de ensamble.

Sea ha hablado con los operarios de la línea de modo que se identifique las variables y complicaciones en la secuencia de ensamble.

Se ha hablado con el ingeniero Guido Salas, superior de Luis Fernando Castro para la disponibilidad de equipo de trabajo y materia prima entre otras cosas.

Se desarrollara pruebas en la línea de ensamble con el fin de obtener la mayor cantidad de información disponible para el análisis

4.2 Obtención y análisis de información

Mediante una serie de entrevistas preliminares se recolecta la información necesaria. Algunos datos importantes recolectados son los tiempos de ensamble cuando una persona se dedica a dispensar y cuando este trabajo es realizado por uno de los operarios que ensamblan.

Para obtener los datos se desarrolla una serie de pruebas en el campo, se mide el diámetro, grosor y peso de los diferentes tipos de cable para la categoría 5E. Se desarrollará una tabla con los resultados del estudio. Con esta información se obtienen funciones características para el comportamiento de las variables.

El análisis de la información utilizado consiste en evaluar los costos en la línea de ensamblaje por atrasos de material para trabajar además tomar en cuenta que un ensamblador puede tardar más con un cable y con el control actual no se notaria. Se desarrolla un estudio del desempeño de los trabajadores de acuerdo su producción por hora.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución

Mediante entrevistas con los ingenieros involucrados con la producción del cable categoría 5E. Se determina cuales son las necesidades del sistema por desarrollar.

Se investiga con los proveedores de la empresa sobre la existencia de sistemas similares que existan. Se determina que un sistema de esas características debe ser desarrollado para la empresa por lo que tendría un costo elevado.

Luego de plantear varias soluciones mecatrónicas se determina una serie de requisitos mecánicos, y electrónicos mínimos que son tomados en cuenta.

El dispensador almacena la cantidad de cable necesaria para suplir la banda transportadora por al menos 2 minutos.

Para el estudio de las diferentes soluciones se hace un estudio por tiempos donde se simula la situación con el dispositivo.

Se implementa el almacenamiento de los cables colocándolos de manera vertical con el fin de minimizar el espacio que ocupará la maquina en el arrea de ensamble.

4.4 Implementación de la solución

La solución desarrollada consiste en un sistema de dispensado automático que supla a la línea de ensamble del cable necesario para trabajar y que se acople al método de trabajo que actualmente se tiene.

Se desarrolla un prototipo que da solución al problema de dispensado que existe en la líneas de ensamble, donde se pierde tiempo y en consecuencia dinero.

El detalle de la solución planteada en ese proyecto se describe en el próximo capítulo.

4.5 Reevaluación y rediseño

El sistema forma parte de una iniciativa en la automatización de las líneas de producción en Panduit.

Continuar con esta iniciativa puede formar parte del aumento de financiamiento de la planta ensambladora de Costa Rica. Esto significa un aumento en el empleo de la zona de Grecia y pueblos cercanos.

Actualmente existen varias tareas en las líneas de producción que se pueden automatizar. Ejemplo de ello es el enrollado de los cables. La empresa cuenta con una maquina llamada Coiler cuya función es crear rollos con los cables de red previamente cortados.

Una posible e importante mejora seria que enlazar el funcionamiento de la Coiler con el dispensado de cables que se pretende construir. Un eventual sistema de

lazo cerrado que comunique enlace la maquina cortadora, la Coiler y el dispensador de cables podría aumentar en gran medida la producción de cable para las diferentes categorías.

El sistema controlador de la efectividad de la producción por operarios que se va a enlazar con la base de datos podría formar parte de un plan de monitoreo en tiempo real de la producción y con ello alertar al ingeniero encargado de la línea.

Capitulo 5: Descripción detallada de la solución.

En este capitulo se realiza una comparación entre las soluciones planteadas a la empresa. Además se detalla el desarrollo de la solución que finalmente se eligió.

Análisis de soluciones y selección final.

Durante el proceso de diseño se evalúa una serie de diseños. Alguno de ellos se muestran a continuación.

Diseño uno:

El diseño uno inicia como el concepto de un tubo en el cual se colocan una serie de pistones. Ver figura a 4.

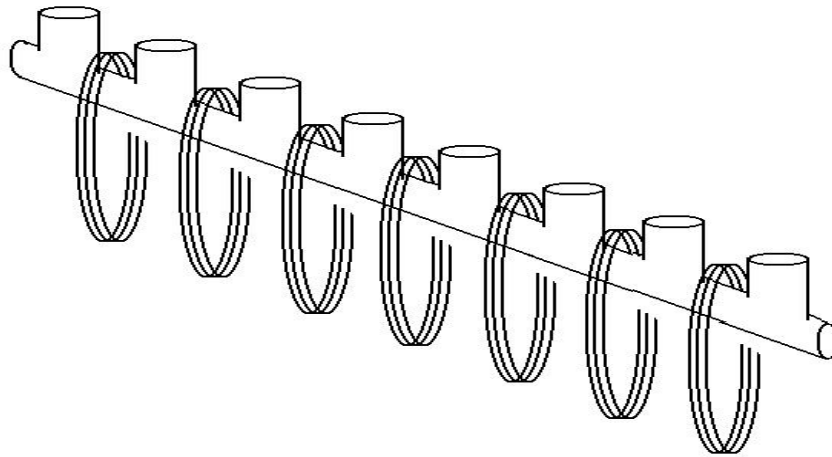


Figura 4. Idea para el Primer diseño, utilizando el concepto de tobogán, una serie de pistones controla el paso de los cables hasta la zona de dispensado.

La idea en este diseño era utilizar el tubo principal como un “tobogán”. Para el dispensado solamente se encogía el último pistón y el cable resbalaba hasta la zona de dispensado. Seguidamente los otros pistones se encogían de manera sincronizada para llenar los espacios vacíos.

Ventajas:

El diseño permite aprovechar el espacio apropiadamente pues al colocar los cables de manera vertical la distancia entre los pistones es independiente de la longitud del cable por lo que el sistema puede funcionar para todos las longitudes existentes.

Desventajas:

Aunque el diseño parece simple tiene una serie de desventajas importantes.

Para que los cables resbalen la fricción de los cables con el tubo largo debe ser bien baja lo que implica materiales especiales o que el tubo vibre.

La idea involucra una gran cantidad de pistones, aproximadamente uno por cada cable que se quiera almacenar. Cada uno de estos pistones deben ser manejados por el control automático. En consecuencia se aumenta el costo de la maquina aumenta debido a los pistones y los módulos de salidas necesarias.

La desventaja más importante del diseño es la manera de sostener el aparato físicamente. Debido al uso del aparato como “tobogán” no se tiene un posición clara de donde se sostenga el mecanismo.

Diseño dos:

El diseño dos parte del diseño uno pero buscando la manera de hacer un dispositivo que si se pueda sostener físicamente. Ver siguiente 5.

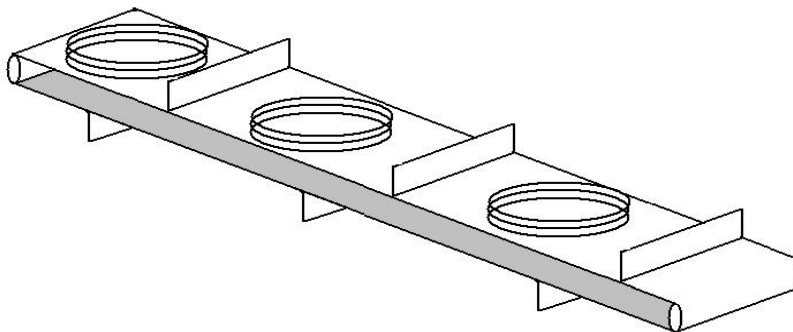


Figura 5. Imagen para el diseño dos. Utilizando una banda transportadora se utilizan barreras para controlar el paso de los cables hacia la zona de dispensado.

Surge la idea de una banda transportadora que posea “paletas” que controlen cuando el cable sigue trasladándose hasta la posición de dispensado.

Ventajas:

El diseño si permite una idea clara de cómo trasladar los cables a la posición de dispensado. Permitiendo un control por paletas donde se maneja un pequeño acumulado de cables.

Desventajas:

Este diseño incorpora gran cantidad de paletas con las que se controla el paso de los cables al punto de dispensado. Esto implica un costo adicional en pistones y salidas desde el controlador.

Un problema importante de este diseño es que depende de la longitud de los cables que se estén ensamblando en ese momento. Dependiendo de la longitud del cable así es el diámetro del rollo que se hace. Como se ve en la imagen la distancia entre las paletas depende del diámetro de los cables. Una solución es distanciar las paletas con la mayor longitud de diámetro para los cables existentes, sin embargo esto representa un desperdicio en el área que la maquina utiliza.

Diseño tres:

El diseño 3 surge después de analizar los dos primero diseños y buscando aprovechar el área utilizada al máximo. Ver imagen a 6.

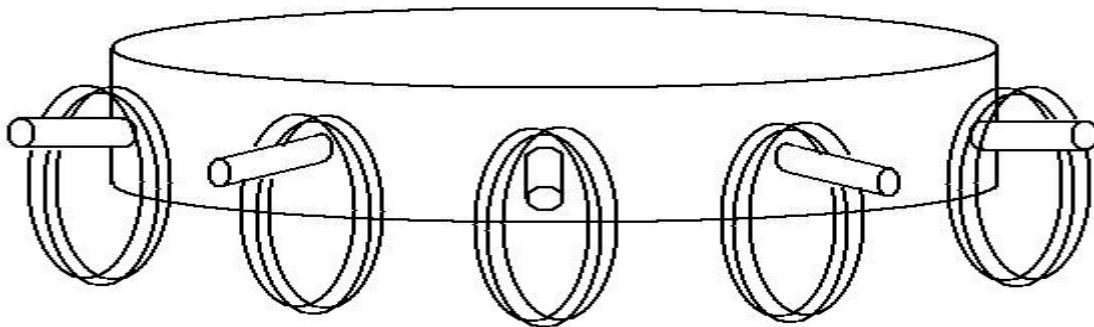


Figura 6. Concepto del diseño tres. Representa una mesa giratoria con ganchos que permitan trasladar el cable.

En este diseño se plantea una especie de mesa giratoria donde se trasladen los cables desde el puesto de enrollar hasta la zona de dispensado.

Ventajas:

En este diseño los ganchos no son móviles por lo que no se necesitan pistones y consecuentemente no son necesarios muchos módulos de salida para el control.

Al igual que los otros diseños permite un acumulado de cable a la vez que los traslada desde la zona de enrollado hasta la de dispensado.

Desventaja

Debido a su forma de mesa, espacio ocupado por este diseño es mayor que el de los diseños anteriores.

En la figura se puede ver que la distancia entre los ganchos todavía depende del diámetro de los cables.

Diseño cuatro:

En este diseño se trabaja tomando lo mejor de los diseños anteriores. Para este diseño se inicia un desarrollo avanzado pensando que podría ser la solución final. Ver figura 7

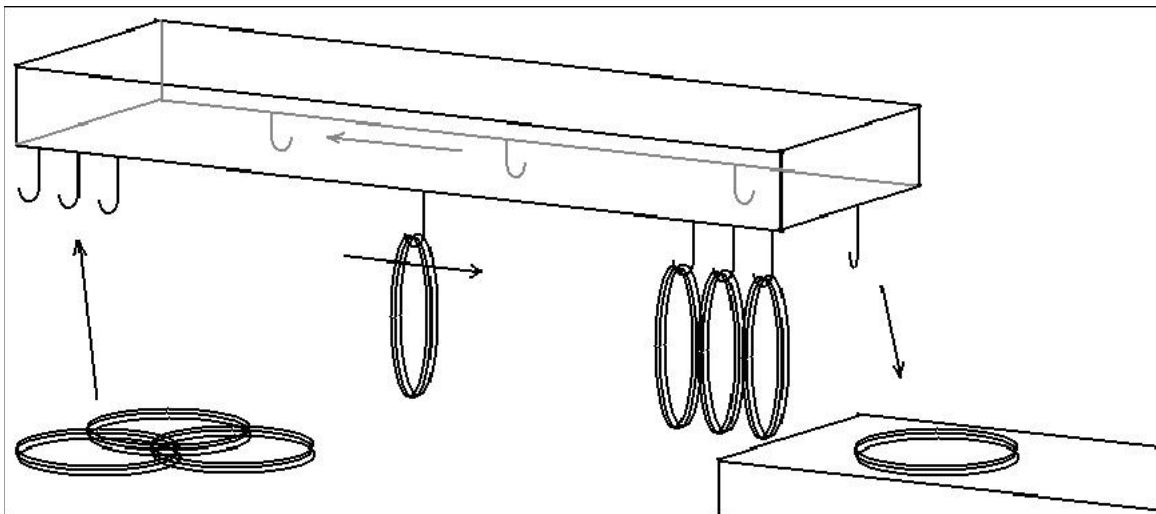


Figura 7. El diseño cuatro consiste en una serie de ganchos que se desplazan por gravedad hasta la posición de dispensado.

En general el diseño consiste en una serie de ganchos que se desplazan por la gravedad. El sistema funciona de modo que el operario en la estación de ensamble tome el cable y lo guinde en un gancho. El sistema desplaza el gancho lleno hasta la posición de acumulado. De esta posición es donde se despacha los cables uno a la vez.

El diseño cuatro, que no es la versión final se describe a continuación

Descripción del transporte:

La gravedad guía los ganchos por un riel hasta llegar a la posición de almacenamiento. Los cables son almacenados uno tras otro permitiendo un acumulado de seguridad, de manera que el operario encargado de dispensar pueda dedicarse a otras actividades.

Cuando los ganchos están vacíos son devueltos a la posición inicial con una banda transportadora para que se vuelvan a utilizar.

Descripción de los ganchos:

Los ganchos que transportan el cable consisten de dos estructuras metálicas. Una es un carrito que sostiene el gancho que transporta el cable a lo largo del riel, y la otra es el gancho mismo que permite sostener el cable.

En conjunto estas partes permiten transportar el cable por la guía y liberarlo sobre la banda transportadora para ser ensamblado.

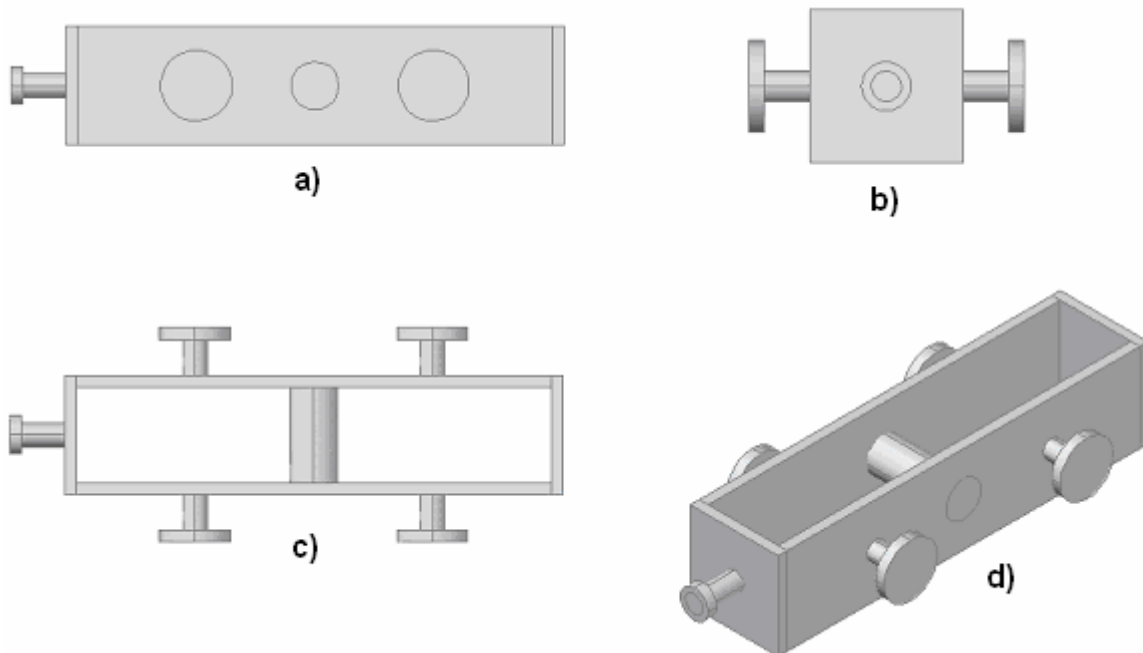


Figura 8. Carrito para transportar el gancho del diseño cuatro. a) Vista lateral, b) Vista frontal, c) Vista superior d) Isométrico.

El carrito posee cuatro roles, dos en cada extremo, con ellos se reduce la fricción y facilita el deslizamiento por la guía. Cuenta con un tornillo en un extremo que permite ajustar la distancia entre los carros cuando se acumulan uno tras de otro. Posee un eje central que es donde el gancho principal gira para descargar el cable.

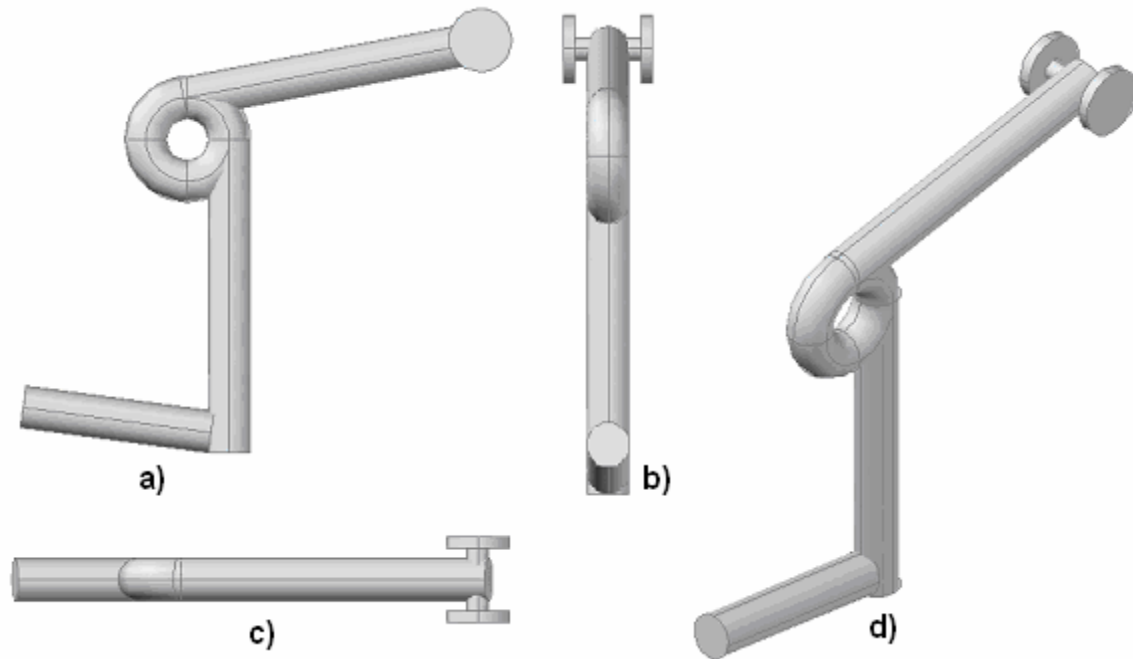


Figura 9. Gancho para colgar el cable del diseño cuatro. a) Vista lateral, b) Vista frontal, c) Vista superior, d) Isométrico.

El gancho de la figura 9 anterior se utiliza para guindar el cable y transportarlo por el dispensador. El gancho se transporta dentro del carrito visto en la figura 6. la liberación del cable se ve a continuación.

Liberación del cable:

Con el fin de minimizar la cantidad de pistones eléctricos se ha ideado una manera mecánica para la liberación de cable a la banda transportadora.

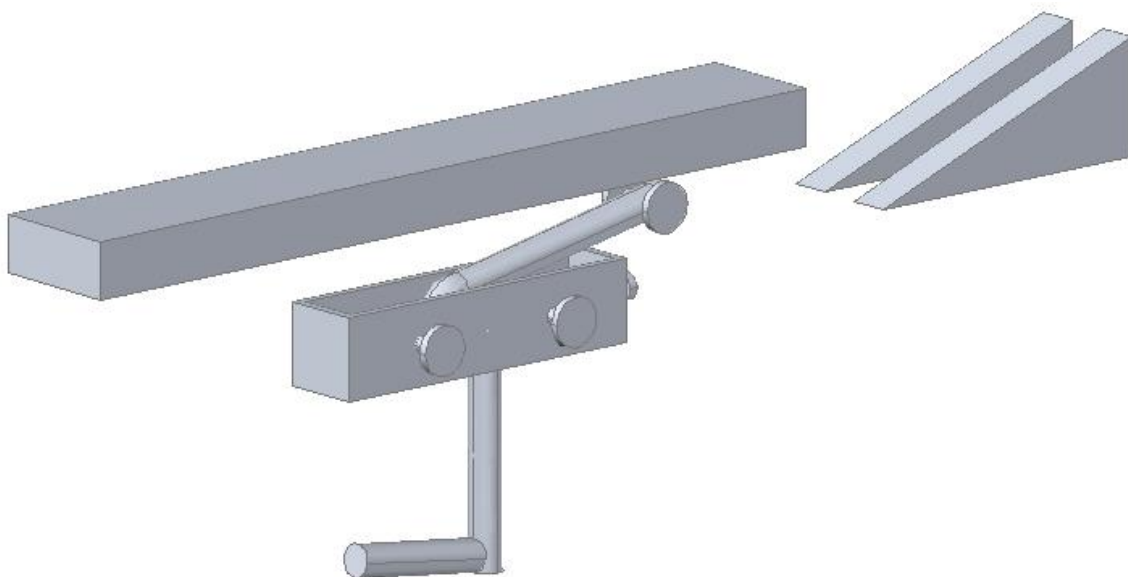


Figura 10. Isométrico del mecanismo de liberación del diseño cuatro.

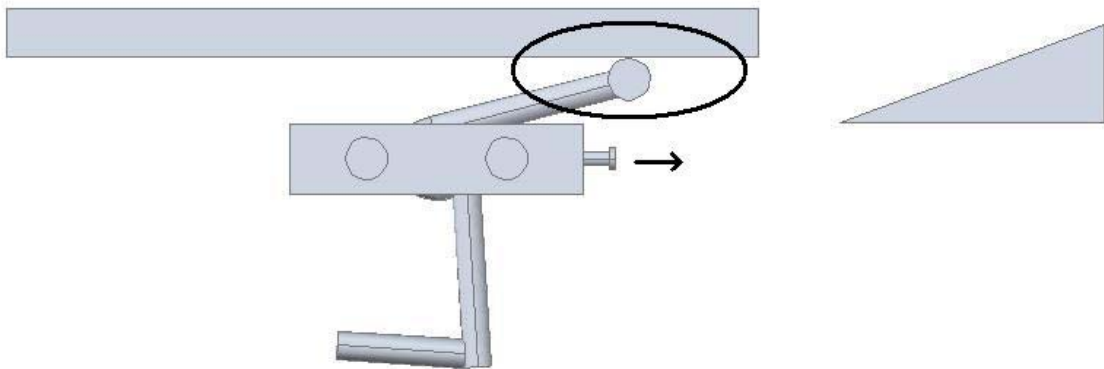


Figura 11. Posición inicial para la liberación para el cuarto diseño. La presencia del material de sujeción evita que el gancho gire y libere el cable.



Figura 12. Posición de giro para la liberación para el cuarto diseño. Unas cuñas producen un giro en el gancho liberando el cable.

En la figura 11 se ve que un material evita que el gancho gire y libere el cable en posiciones inapropiadas. Mientras que en la figura 12 se aprecia que la presencia de una rampa produce un giro del gancho permitiendo la liberación del cable transportado.

Desventajas:

Después de varias consultas a empresas y a ingenieros mecánicos, se evidencia que nivel de complejidad en las partes mecánicas no es bajo.

El diseño deja caer los ganchos libremente por unos rieles pero luego debe ser recogido por un sistema de tracción que lo lleve a la posición inicial. Dar tracción a los ganchos implica complicaciones.

El método de dispensado descrito anteriormente puede inducir una serie de problemas y contratiempos para el proyecto.

Diseño cinco, versión final.

La solución implementada para el dispensador consiste en una maquina mecatrónica que aproveche la fuerza de gravedad para dispensar.

El dispensador se ilustra en la figura 13. Consiste en una línea trasportadora que permite dispensar cable con ayuda de una serie de ganchos que se acumulan uno tras otro.

La cantidad de ganchos y las distancias físicas de la maquina diseñada dependen del tiempo de independencia que se pide.

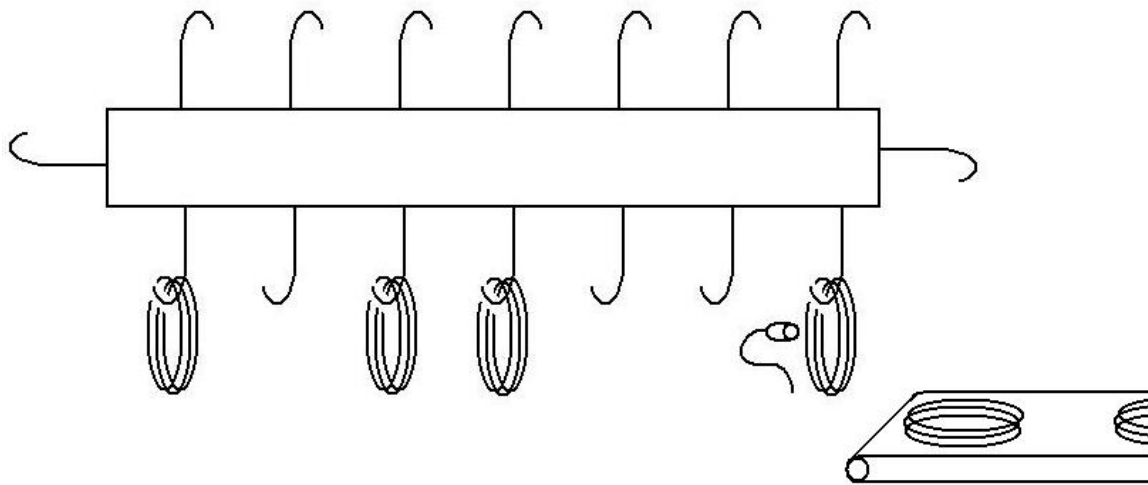


Figura 13. Diagrama de la maquina dispensadora de cable. El sistema traslada el cable hasta la banda trasportadora. Se diferencian los ganchos vacíos de los llenos para su apropiado control.

Descripción del transporte:

Los ganchos son guiados por un riel o banda donde el control automático debe manejar la velocidad, el arranque y paro del motor. El control es el encargado de que en el final del sistema siempre tenga un cable listo para dispensar.

Los ganchos se descargan al girar y vuelven al inicio para ser cargados nuevamente. Por razones de seguridad todos los ganchos deben quedar cubiertos por una estructura. Además se desea colocar unos botones de paro de emergencia para detener la maquina en cualquier momento.

Seguridad.

Dado que la empresa cuenta con un departamento de seguridad, se coordina con ellos el desarrollo del sistema. Se habla de la calcular altura de la maquina, los cobertores para la banda de distribución además de los infaltables botones de paro de emergencia.

Control:

El control de la producción de cada operario se desarrolla por medio de software en el PLC. El sistema debe tomar en cuenta cuales y cuantos operarios están ocupando la línea de ensamble. A partir de esta información debe dispensar solamente a las estaciones que lo necesitan.

Para probar los principios de funcionamiento del proyecto se trabaja en un prototipo que cumpla los requisitos planteados y permita comprobar la funcionalidad del proyecto.

El prototipo creado en la mayor parte se hace con los materiales que existen en la empresa, incluso incorpora materiales de desecho optimizando los gastos.



Figura 14. Fotografía del prototipo desarrollado para mostrar la necesidad del dispensador en la empresa.

Además del prototipo inicial que permite comprobar la importancia y la funcionalidad del proyecto, se crea un diagrama en AutoCad que invita el desarrollo de un sistema mecánico más completo. El diagrama toma en cuenta otra serie de variables que es importante incorporar en el diseño final de la parte mecánica. Ver las imágenes 15 y 16.

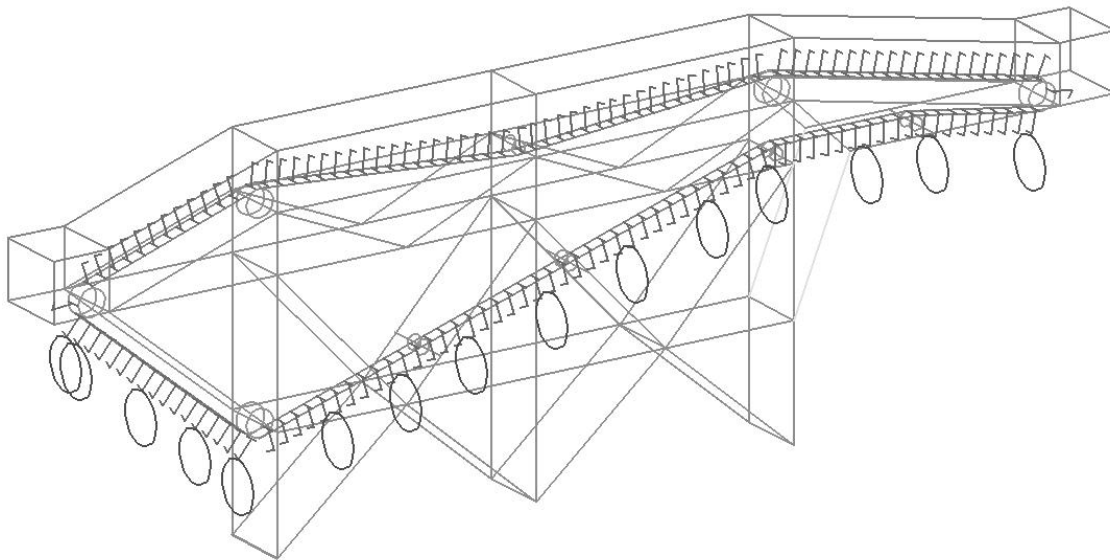


Figura 15. Primera imagen del diseño en AutoCad para la estructura del dispensador.

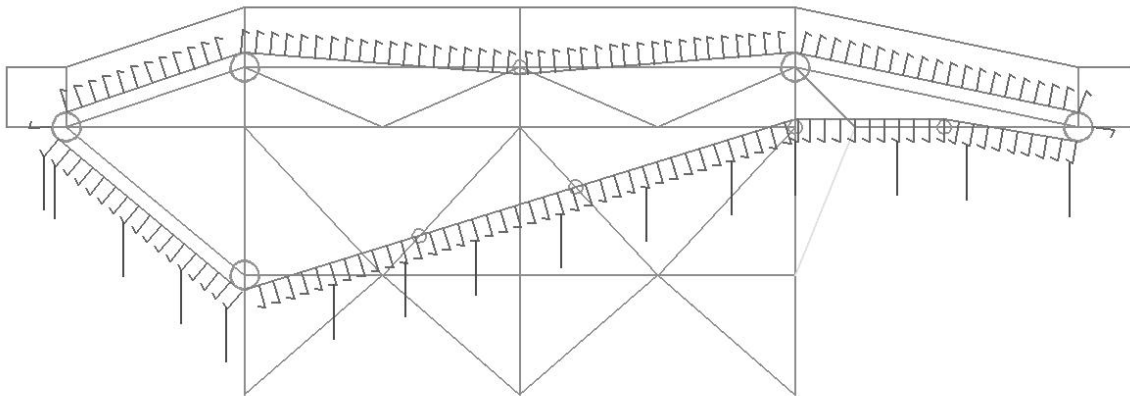


Figura 16. Segunda imagen del diseño en AutoCad para la estructura del dispensador.

Descripción de hardware:

Sensado de secuencia de colores en la banda.

Para el sensado de la secuencia de colores en la banda transportadora, se utiliza un sensor inductivo que detecte unos metales colocados en la banda.

El reconocimiento del color se hará por secuencia, Solo hay un color que tendrá dos imanes y cumplirá la función de inicio para la secuencia. Ver figura 17.

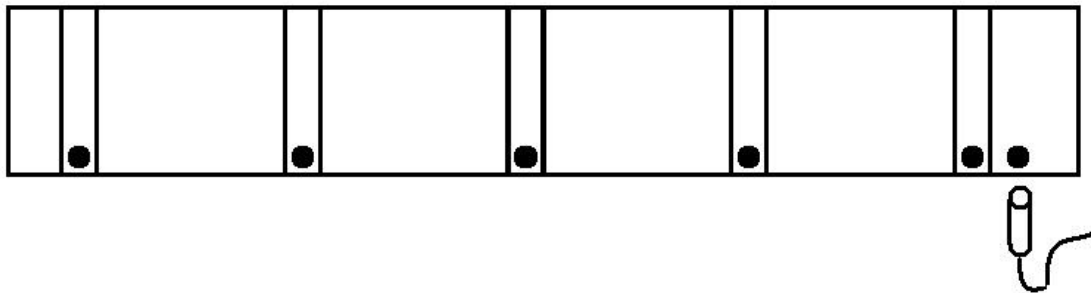


Figura 17. Identificación de secuencia colores en la banda. Se utiliza el sensor inductivo descrito a continuación.

Para este propósito se utiliza un sensor inductivo Allen Bradley 872C capaz de detectar metal a 5mm de distancia



Figura 18. Sensor inductivo Allen Bradley. Es utilizado para identificar la secuencia de colores en la banda de ensamble. [5]

Sensado de ganchos cargados con cable.

La solución para detectar los ganchos que llevan cable se utiliza un Photoswitch series 9000 Allen Bradley . El objetivo es diferenciar los ganchos que llevan cable y los que no llevan.

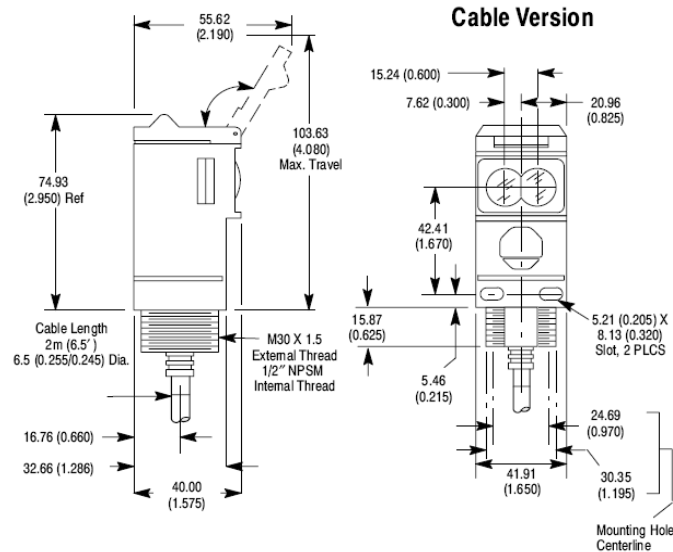


Figura 19. Sensor óptico Allen-Bradley. Es utilizado para detectar el cable transportado en los ganchos. [6]

Se implementa colocando el sensor de presencia en el final de la línea de ganchos. Controlando los ganchos que están llenos y vacíos se puede girar la línea hasta encontrar un gancho con cable para la próxima dispensación. Ver figura 20.

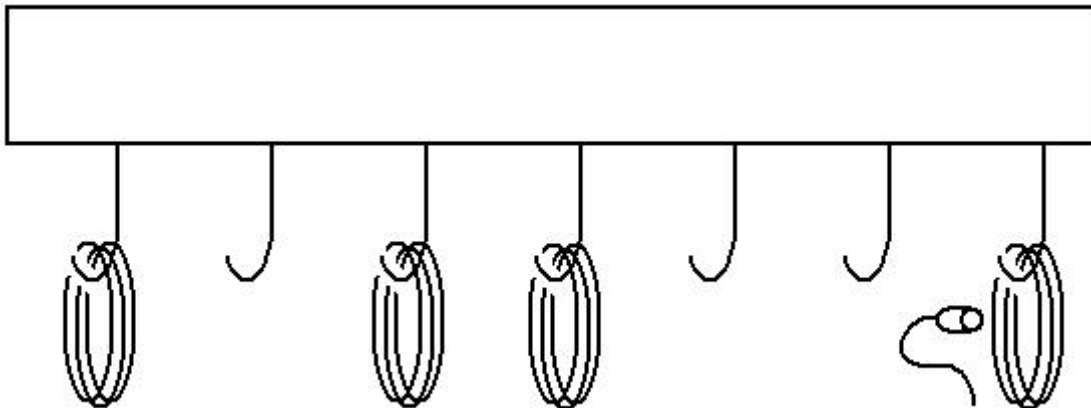


Figura 20. Detección de ganchos llenos y vacíos. Se hace con el sensor óptico descrito anteriormente.

Sensado de estaciones ocupadas.

En la línea de producción de cable de red ya se ha implementado un conjunto de apagadores donde se controla cuales estaciones de ensamble están ocupadas por un operario. A continuación la imagen de los interruptores Allen Bradley utilizados.



Figura 21. Interruptores utilizados en las estaciones de ensamble. Permite identificar cuales estaciones tienen un trabajador asociado. [8]

Consiste en un apagador por puesto de trabajo, actualmente estos dispositivos forman parte de las entradas del PLC colocado en esa línea de trabajo para el control de producción. Ver figura 22.

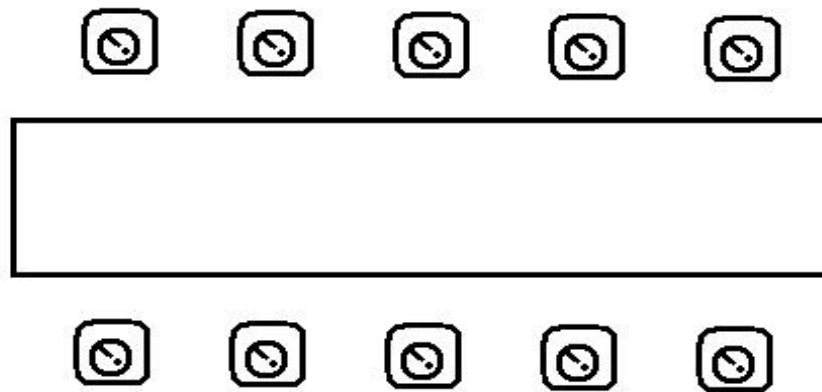


Figura 22. Colocación de interruptores en cada puesto de trabajo.

Control automático.

El hardware utilizado para implementar control automático consiste en un PLC Micrologix 1100 con dos módulos de entradas digitales, todo de la marca Allen-Bradley.

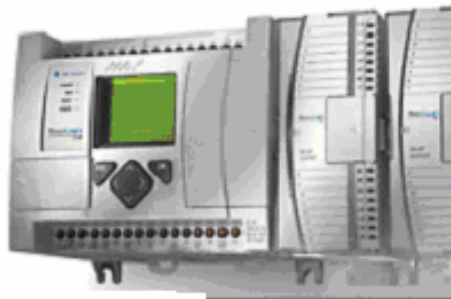


Figura 23. El controlador lógico programable utilizado fue el Micrologix 1100 de Allen-Bradley. [9]

Algunas características del controlador que guían su selección es una serie de protocolos que soporta, entre ellos el IP/Ethernet con el que se puede monitorear el estado de las variables desde cualquier punto en la red interna.

Se utilizan módulos de expansión de entradas digitales debido a la necesidad de detectar los interruptores que representan las estaciones ocupadas.

Control de la etapa de potencia

Para la etapa de potencia se utiliza un variador de frecuencia WEG para controlar la banda con los colores. Ver imagen a continuación.



Figura 24. Variadores de frecuencia utilizado para controlar la velocidad de la banda con colores. [7]

Con estos variadores controlamos la banda dándole la velocidad máxima, la velocidad puesta por el usuario o detenerla.

El variador posee una entrada análoga que permite controlar la velocidad de la banda. En esta entrada hay un potenciómetro con el que se ajusta la velocidad.

En la imagen siguiente se ve el circuito implementado para el control de la velocidad.

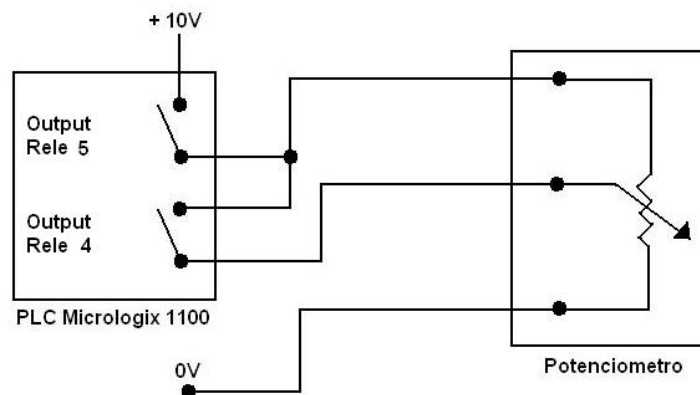


Figura 25. Circuito para controlar el variador de frecuencia WEG visto anteriormente.

Para controlar el motor del dispensador se utiliza un contactor marca ABB. El contactor es controlado por el PLC y permite el arranque y paro del motor que

controla el movimiento del dispensador. En serie a este contactor se conecta un brake con el fin de evitar sobrecargas en el motor.

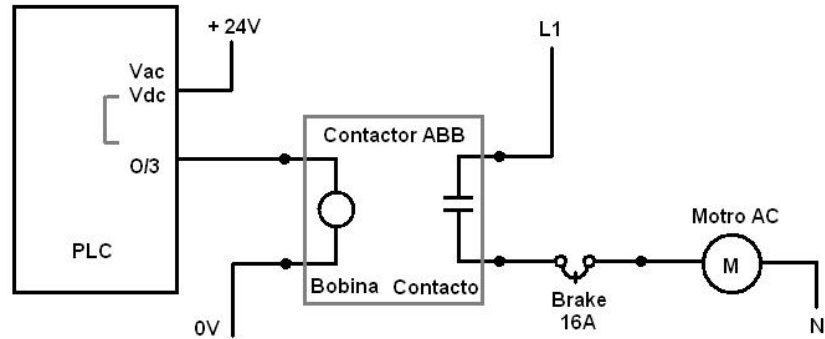


Figura 26. Circuito para controlar el motor monofásico. Utiliza el contactor ABB que se ve a continuación. En serie un brake de 16A para proteger sobrecargas.

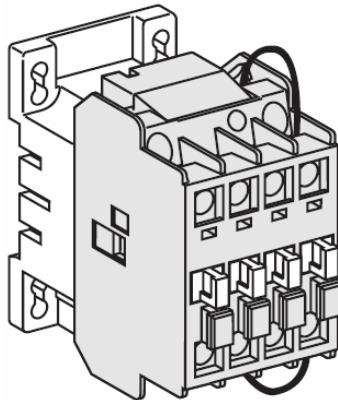


Figura 27. Contactor de ABB utilizado para controlar el motor AC de 110V. Con la salida de 24V del PLC deja pasar o no corriente eléctrica al motor. [10]

Descripción de Software.

La programación realizada en este proyecto se enfoca al lenguaje de escalera típicamente utilizado en la industria en PLC y otros controladores programables.

En este caso se trabaja con equipo Allen-Bradley que ocupa algunas aplicaciones para el uso apropiado de sus equipo.

El proyecto se utiliza el RS-Links que es una aplicación creada por Rockwell software. Esta aplicación permite crear un enlace entre los dispositivos programables y los computadores. Para el proyecto se abre un par de enlaces que se usan para este propósito, un enlace utiliza la red de Ethernet de la empresa, con el fin de monitorear las variables desde la oficina. Otro de los enlaces creados utiliza comunicación mediante el puerto serie del computador.

El fuerte de la programación se hace bajo la estructura de diagrama en escalera. La aplicación utilizada para programar dispositivos Allen Bradley también es creada por Rockwell Software, y se llama RS-Logix 500. En este programa se crean las estructuras y la programación que se descarga al PLC.

La programación en escalera realizada se puede ver en el anexo. Cumple una serie de pasos que el control automático debe tomar en cuenta para el uso apropiado del dispensador.

La secuencia de colores se lleva mediante un contador. Cada color en la banda tiene un numero. La secuencia y sus colores correspondientes se ven a continuación.

Tabla 1. Asociación de colores y secuencia de números en el controlador.

Numero asignado En el PLC	Color correspondiente
0	Amarillo
1	Verde
2	Negro
3	Celeste
4	Naranja
5	Morado
6	Café
7	Rosado
8	Azul
9	Gris

Tal y como se describió anteriormente el control automático posee dos sensores, uno inductivo y otro óptico.

El sensor inductivo se utiliza en la banda donde están los operarios ensamblando y se conecta en la entrada 1 del PLC. Este dispositivo es el que permite llevar la secuencia de colores mediante contadores y utilizando la asociación vista en la tabla anterior.

En el programa se implementa una serie de pasos que permite reiniciar el contador de la posición de dispensado de manera que después del color gris el contador se lleve a cero y con ello se inicie nuevamente la secuencia de colores con el amarillo. Los pasos implementados permiten detectar si hay dos pulsos en un pequeño lapso de tiempo y si es así reiniciar la secuencia. Ver Figura 15.

Seguido en el programa del PLC el control automático verifica si las estaciones de trabajo están o no ocupadas. Esta información se debe tomar en cuenta para dispensar o no cable a las estaciones de ensamble.

Para la detección del próximo gancho con cable se utiliza la entrada 2 del PLC, a la cual se conecta el sensor óptico Allen Bradley. Debido a que los cables en los ganchos tienen un movimiento oscilatorio, cuando control automático detecta un cable en el gancho el control deja avanzar el dispensador por 800ms. Esto evita que un cable sea detectado varias veces y genere errores en el uso.

El sistema tiene implementado un Botón de emergencia, cuando el botón es presionado todos los dispositivos mecánicos asociados al sistema se detienen.

Lógicamente el control automático debe usar las salidas necesarias para el adecuado funcionamiento de la máquina.

La tabla 2 se describe el uso de las salidas.

Tabla 2. Uso de las salidas del PLC

Salida del PLC	Función
O/3	Activar motor
O/4	Girar la banda a máxima velocidad
O/5	Detener la banda

Análisis

Resultados Obtenidos

La verificación del sistema inicia con una serie de pruebas. En coordinación con el departamento de producción, seguridad, ingeniería y mantenimiento se procede a ensamblar varias ordenes utilizando el prototipo implementado.

Pruebas de eficiencia.

Durante las pruebas se contabilizó las veces que el sistema fallaba. Se clasificó en varios tipos:

Cuando el cable a pesar de que esta en el gancho no es dispensado en la banda transportadora se clasifica como cable sin entregar.

Cuando el cable es entregado pero es mal depositado en la banda con colores y en consecuencia no es transportado adecuadamente se clasifica como cable mal trasportado

Se corre la primera prueba con una orden de trabajo de 100 piezas, los resultados fueron

Tipo	Cantidad
Entrega exitosa	91
Cable sin entregar	4
Cable mal transportado	5
Total	100

Tabla 3. Resultados de la primera prueba de eficiencia.

Esta prueba evidencia problemas durante la entrega del cable y se procede a mejorar el sistema y resolver los problemas.

El “cable sin entregar” se debió a que los cables utilizados no estaban bien amarrados y producía una doble detección por parte del sensor. Se solucionó amarrando bien los cables

El “cable mal trasportado” fue producto de la distancia entre el dispensador y la banda trasportadora. Cuando el dispensador esta muy alto respecto a la banda con colores, el cable rebota y se desacomoda. Se solucionó bajando el dispensador unos centímetros.

Se hace la segunda prueba con la misma cantidad de cables y los resultados fueron

Tipo	Cantidad
Entrega exitosa	100
Cable sin entregar	0
Cable mal transportado	0
Total	100

Tabla 4. Resultados de la segunda prueba de eficiencia

Con los resultados de la segunda prueba se somete el sistema a una tercera prueba, esta vez de 1000 piezas donde los resultado son:

Tipo	Cantidad
Entrega exitosa	998
Cable sin entregar	0
Cable mal transportado	2
Total	1000

Tabla 5. Resultados de la tercera prueba de eficiencia.

En esta ultima prueba se aprecia que la eficiencia del sistema de dispensado diseñado es del 99.8%.

Implementación del prototipo con materiales de la empresa.

Con el objetivo de disminuir los costos de la implementación del prototipo se hace una búsqueda de materiales dentro de la empresa que puedan ser utilizados para el proyecto y que no representen una inversión adicional a la empresa.

El objetivo de ello es no tener atrasos por parte de proveedores de la materia prima, optimizar los costos del prototipo, demostrar que los prototipos pueden ser diseñados a bajos costos y con ello fomentar el desarrollo de varios proyectos de automatización dentro de la empresa.

Gancho con desecho



Figura 28. Fotografía de los desechos utilizados como ganchos.



Figura 29. Fotografía de desechos de moldeo.

La empresa tiene una zona de moldeo en plástico. Ahí se genera una serie de desechos producto del llenado de los moldes. En muchos casos este material se muele y se reutiliza.

En el proyecto el material de desecho es utilizado para formar el gancho donde el cable se transporta.

Banda inutilizada



Figura 30. Fotografía del dispensador cargado con cable.

La necesidad de aumentar la producción de la empresa produce que unas cuantas bandas transportadoras sean sustituidas por otras más largas en las que puedan trabajar más personas. Visitando las bodegas se encuentra una pequeña banda que forma parte importante en el transporte de los cables. Es en esta banda que los ganchos son fijados y transportados.

En general la idea de aprovechar este material en el desarrollo del tubo gran aceptación por los diferentes departamentos. Dando como iniciativa el aprovechamiento de los recursos de la empresa para el desarrollo de nuevas ideas de automatización.

Mejoras en la producción.

Evidentemente una parte fundamental del proyecto es la mejora en la producción y el cumplimiento de los objetivos del proyecto, el desarrollo de un sistema que permita el apropiado dispensado en la línea de ensamble.

Como se ve en la primera parte de este análisis, la eficiencia del dispensador alcanza el 99.8%.

Con el uso del prototipo en la línea de ensamble no se sustituye la persona que se encarga de dispensar con lo que se evita la acumulación de cable en el puesto de trabajo, alcanzando la meta de producción deseada para esta línea.

La tabla a continuación permite comparar los resultados del sistema sin dispensador y con dispensador.

Muestra	Tiempos CON dispensador			Tiempos SIN dispensador		
	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 1	Operario 2	Operario 3
1 (s)	58.0	55.0	63.0	70.0	68.0	89.0
2 (s)	67.0	58.0	70.0	84.0	70.0	70.0
3 (s)	60.0	56.0	65.0	79.0	82.0	84.0
4 (s)	61.0	60.0	60.0	60.0	90.0	75.0
5 (s)	63.0	59.0	62.0	89.0	88.0	69.0
Promedio (s)	61.8	57.6	64.0	76.4	79.6	77.4
T descanso por cable (s)	6.1	10.3	3.9	-8.5	-11.7	-9.5
Producción por hora (Cables)	53.0	53.0	53.0	47.1	45.2	46.5

Tabla 6. Cuadro comparativo de la producción sin dispensador y con dispensador.

En la tabla anterior se puede ver que en promedio los operarios llegan a producir entre 45 y 47 cables, cuando la meta es de 53 cables por hora.

La figura 31 corresponde a una grafica donde se muestra el crecimiento en la producción por hora de los operarios. Los datos son tomados de la tabla anterior

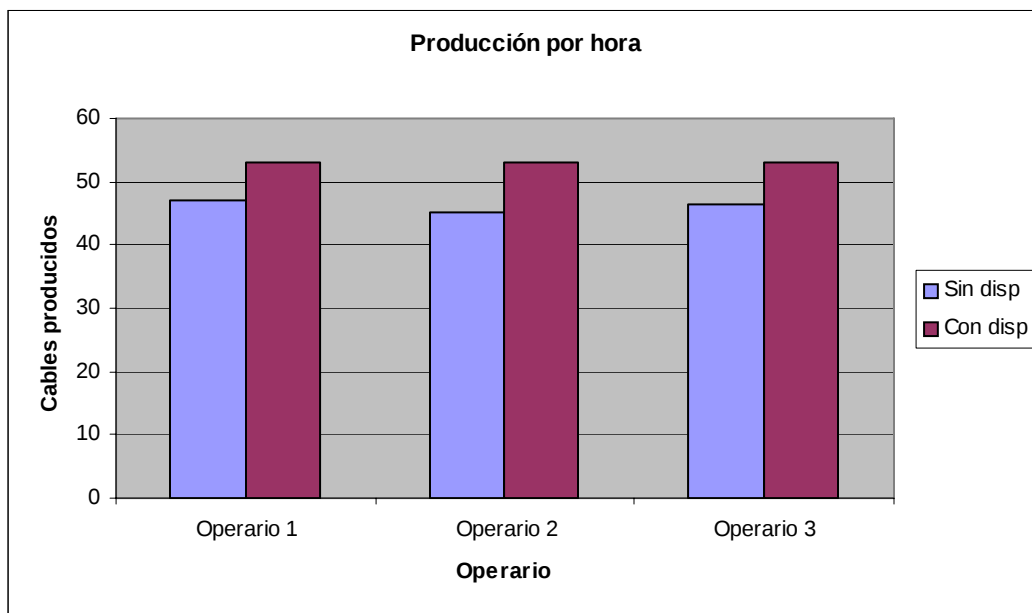


Figura 31. Gráfica de crecimiento en la producción por hora de tres operarios. Se nota un aumento del 20% de la producción.

En la tabla siguiente se muestra la diferencia en la producción diaria. Con el dispensador se produce alrededor de 45 cables más por persona, en una línea donde ensamblan 10 personas significa 450 cables más en la producción.

	Operario 1	Operario 2	Operario 3	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Producción por día (Cables)	350	350	350	310	298	307
Perdida de cables diaria (Cables)	0.0	0.0	0.0	40	52	43

Tabla 7. Cuadro comparativo de la producción diaria.

Debido a que el sistema está creado para trabajar por demanda el mismo prototipo puede ser utilizado en otras líneas de ensamble donde la producción meta es diferente.

Diseño del prototipo en AutoCad

Dado que el objetivo de este proyecto no sólo ha sido demostrar la utilidad del dispensador sino llevarlo a la practica. Se diseña en AutoCad un prototipo que cumple con las características de seguridad, almacenado de cable, y las dimensiones físicas deseadas para el primer ejemplar.

En la figura 13 y 14 se puede ver dos imágenes del prototipo mencionado. Para la creación de este concepto en AutoCad se evalúa una serie de ideas y circunstancias que finalmente generan esta solución.

Al diseño en AutoCad se le deben agregar algunos detalles que corresponderían a un especialista en la parte mecánica.

En general el prototipo implementado con los materiales de la empresa tiene gran aceptación y genera un deseo de mejora en el diseño en AutoCad. De manera que el departamento de ingeniería y producción desean impulsar el diseño de una maquina que no sólo dispense en la banda de trabajo sino que entregue la materia prima en cada puesto de trabajo de los ensambladores.

Manual de usuario y de mantenimiento.

Durante el desarrollo del proyecto se trabajó con el equipo de mantenimiento para determinar la importancia de los manuales de usuario y mantenimiento. Se diside que el manual de usuario debe ser hecho cuando el prototipo de producción esté terminado. Por otro lado el proyecto se desarrolla con equipo industrial que la compañía utiliza. Se define que debe ser así para facilitar las labores de mantenimiento y reemplazo de las partes.

Conclusiones

1. La eficiencia del dispensador es del 99.8% de los cables dispensados.
2. El uso de materiales desaprovechados dentro de la empresa promueve la creación de prototipos.
3. El desarrollo del prototipo fomenta la creación de nuevos proyectos bajo el concepto de probar su función antes de hacer grandes inversiones.
4. El prototipo diseñado puede sustituir a la persona en la zona de ensamble y aprovecharla en otra operación de mayor complejidad.
5. El dispensador permite alcanzar la producción de 53 cables por hora que es la meta del proyecto.
6. Debido a que el sistema está creado para trabajar por demanda el mismo prototipo puede ser utilizado en otras líneas de ensamble.
7. Por el continuo uso de los aparatos en las empresas de manufactura. La compra de equipo industrial es fundamental.

Recomendaciones.

1. Desarrollar la parte mecánica del prototipo para finalmente poner en producción el dispensador de cable.
2. Desarrollar una rutina en el PLC que permita controlar la velocidad del dispensador de cables.

Bibliografía y referencias.

[1] Wikipedia “ISO9000” [En línea]. La enciclopedia libre. 2001.

http://es.wikipedia.org/wiki/Normas_ISO_9000.

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[2] Wikipedia “ISO14000” [En línea]. La enciclopedia libre. 2001.

http://es.wikipedia.org/wiki/ISO_14000

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[3] Wikipedia “Leyes de Newton” [En línea]. La enciclopedia libre. 2001.

http://es.wikipedia.org/wiki/Leyes_de_Newton

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[4] Carrasquilla, Arys “Guía de informe final” [En línea]

<http://www.ie.itcr.ac.cr/acarrasquilla/Proyecto/>.

[Consultado el 5 de junio del 2007]

Larson, Ron; Hostetler, Robert; Edwards, Bruce; Cálculo; editorial McGraw-Hill; Octava edicion, 2004

[5] Allen-Bradley company. “Inductive Proximity Sensor” [En línea]

http://www.ab.com/sensors/products/proximity_sensors/pdf/AC-DC_WorldProx_CatPgs.pdf

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[6] Allen-Bradley company “PHOTOSWITCH”. [En línea]

http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/in/9000-in003_-en-p.pdf#xml=http://127.0.0.1/taxis/search/pdfhi.txt?query=series+9000&pr=literature.rockwellautomation.com&prox=page&rorder=500&rprox=750&rdfreq=0&rwfreq=0&rlead=250&rdepth=0&sufs=1&order=r&cq=&id=463697dba

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[7] WEG Company, “CFW-08 Driver”. [En línea]

<http://www.weg.com.br/>

[Consultado el 5 de junio del 2007]

[8] Rockwell Automation, "Non-Illuminated Selector Switches, 3 position ".
<http://www.ab.com/en/epub/catalogs/2051089/6270353/3081344/4593217/5038746/tab3.html> , [Consultado el 5 de junio del 2007]

[9] Rockwell Automation, "Programmable Logic Controllers".
<http://www.ab.com/programmablecontrol/plc/micrologix1100/>
[Consultado el 5 de junio del 2007]

[10] ABB Group, "Contactor relays N22E"
[http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/1C99A92C3F64AFDAC1256A940046DD1C/\\$File/FPTC407721P0001.pdf](http://library.abb.com/GLOBAL/SCOT/SCOT209.nsf/VerityDisplay/1C99A92C3F64AFDAC1256A940046DD1C/$File/FPTC407721P0001.pdf)
[Consultado el 5 de junio del 2007]

Apéndices:

Apéndice 1: Información sobre la empresa.

Descripción de la empresa.

La empresa Panduit Corporation es una empresa trasnacional que decide instalar una planta ensambladora en Costa Rica en 1997.

Panduit de Costa Rica se encuentra ubicada en el cantón de Grecia, un kilómetro y medio al este de la intersección de la entrada a Grecia con la carretera Bernardo Soto.

En general en la empresa se desempeñan tareas de ensamble. Una sección de la institución se dedica al ensamble cable para red en diferentes categorías. Otra parte ensamblan conectores para líneas de fibra óptica.

En total la empresa cuenta con aproximadamente 700 trabajadores. Actualmente la empresa esta en ampliación por lo que se esta construyendo otra sección importante y se espera un incremento importante de empleo en la zona.

El departamento de ingeniería en conjunto con el de mantenimiento, tiene como misión automatizar el muestreo de la producción en diferentes áreas de la planta. Actualmente la empresa busca a una persona que se concentre en cumplir esta meta, aprovechando el conocimiento del grupo de ingenieros en la empresa.