



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INALÁMBRICO
UTILIZANDO UNA RED DE SENSORES PARA LA
CENTRALIZACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE UN
MODELO PROTOTIPO DE CUATRO LÍNEAS DE PRODUCCIÓN
CON DISCRIMINACIÓN SENSORIAL EN PRODUCTOS
TERMINADOS**

ENCALADA INSUASTI ERICK RICARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-10-31

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ENCALADA INSUASTLERICK RICARDO

Titulado:

**“ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INALÁMBRICO
UTILIZANDO UNA RED DE SENSORES PARA LA CENTRALIZACIÓN Y
REGISTRO DE INFORMACIÓN DE UN MODELO PROTOTIPO DE CUATRO
LÍNEAS DE PRODUCCIÓN CON DISCRIMINACIÓN SENSORIAL EN
PRODUCTOS TERMINADOS”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Eduardo Francisco García Cabezas
TUTOR

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
ASESOR

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ENCALADA INSUASTI ERICK RICARDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “ DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INALÁMBRICO UTILIZANDO UNA RED DE SENSORES PARA LA CENTRALIZACIÓN Y REGISTRO DE INFORMACIÓN DE UN MODELO PROTOTIPO DE CUATRO LÍNEAS DE PRODUCCIÓN CON DISCRIMINACIÓN SENSORIAL EN PRODUCTOS TERMINADOS”

Fecha de Examinación: 2018-02-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Eduardo García Cabezas TUTOR			
Ing. Jhonny Orozco Ramos ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Encalada Insuasti Erick Ricardo

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Erick Ricardo Encalada Insuasti, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados. Como autor, asumo la responsabilidad legal y académicas de los contenidos de este trabajo de titulación.

Erick Ricardo Encalada Insuasti

C.I. 092216387-8

DEDICATORIA

Mi trabajo de titulación se lo dedico a dios que por su incondicional amor se logra todo lo planteado. A mi padre y familia quienes me han apoyado de forma constante a lo largo de mi vida estudiantil, viéndome nacer y crecer a su lado. A Elsa Pilataxi quien me enseñó que la constancia es el camino al éxito, brindándome su apoyo moral e incondicional. Mis amigos y compañeros de estudios que han sido una segunda familia durante mi estancia en la ESPOCH. Todos ellos han contribuido a que culmine mi carrera exitosamente, por eso les agradezco de todo corazón que estén a mi lado.

ERICK RICARDO ENCALADA INSUASTI

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida para poder culminar mi trabajo de titulación, junto a él se logra todo lo planteado, y poder crecer como persona y profesional. Los que caminan de la mano del señor nunca están solos.

A mi padre y familia que gracias a su sacrificio me dieron su apoyo incondicional para poder terminar un logro más a mi vida. Que han contribuido poco a poco a forjar la persona que soy ahora, siendo los pilares fundamentales de mi vida.

A mis amigos y compañeros que han estado conmigo apoyándome en lo que han podido para mi trabajo de titulación.

A mis docentes de la ESPOCH por todo el conocimiento aportado a mi formación profesional y trabajo de titulación. Sin ellos no hubiera llegado tan lejos profesionalmente.

ERICK RICARDO ENCALADA INSUASTI

CONTENIDO

RESUMEN

SUMMARY

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	2
JUSTIFICACIÓN	3
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO I	6
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1 Sistema de producción	6
1.2 Control de la producción	7
1.2.1 El diagrama de Gantt.....	8
1.2.2 Pronóstico.....	9
1.2.3 Calidad de producción.....	9
1.3 Control de operaciones.....	10
1.3.1 Tipos de producción	11
1.4 Sistemas de SCADA	13
1.4.1 Monitoreo de procesos automatizados	14
1.4.2 Control.....	17
1.4.3 Adquisición de datos	20
CAPÍTULO II	22
2. METODOLOGÍA	22
2.1 Selección de los elementos de máquinas.....	22
2.2.1 Selección del sistema de transmisiones por correa trapecial.....	22
2.2.2 Selección de la banda	29
2.2.3 Selección del rodamiento	31
2.2 Diseño del modelo prototipo	43
2.2.1 Diseño de la banda transportadora	44
2.2.2 Diseño de la estructura del prototipo.....	44

2.2.3	Análisis de la estructura	45
2.3	Diseño del sistema de monitoreo.....	50
2.3.1	Selección de equipamiento.....	50
2.3.2	Selección de la topología de Red	52
2.3.3	Diseño de la red.....	54
2.4	Diseño del sistema de control.....	56
2.4.1	Selectora de materiales metálicos	56
2.4.2	Selectora de materiales de colores.....	59
2.4.3	Selectora de materiales por tamaños	60
2.4.4	Selectora de materiales por alturas.....	62
2.4.5	Sensores/actuadores del modelo prototipo	64
2.5	Diseño de la base de datos.....	73
2.5.1	Crear base de datos.....	73
2.5.2	Modulo de almacenamiento	73
2.5.3	Sistema de adquisición de datos.....	74
2.5.4	Registro de usuario.....	76
2.6	Diseño de la Interfaz Gráfica	76
2.6.1	Selección de la relación entre LabVIEW -Base datos.....	77
2.6.2	Interfaz Gráfica	78
CAPÍTULO III		81
3.	MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	81
3.1	Elementos de máquinas seleccionados.....	81
3.1.1	Sistema de transmisión por correas trapezoidales.....	81
3.1.2	Selección de la banda	82
3.1.3	Selección del rodamiento	82
3.2	Construcción del modelo prototipo	85
3.3	Sistema de monitoreo	85
3.3.1	Selección del equipamiento.....	85
3.3.2	Selección de la topología de red.....	86

3.3.3	Diseño de la red.....	86
3.4	Diseño del sistema de control.....	87
3.4.1	Selectora de materiales metálicos.....	87
3.4.2	Selección de materiales de colores.....	87
3.4.3	Selectora de materiales por tamaños.....	87
3.4.4	Selectora de materiales por alturas.....	88
3.5	Diseño de la base de datos.....	88
3.6	Interfaz gráfica.....	88
CAPÍTULO IV		90
4.	COSTOS	90
4.1	Costos directos.....	90
4.1.1.	Costos Neumáticos.....	90
4.1.2	Costos Eléctricos.....	90
4.1.3	Costos mecánicos.....	91
4.1.4	Costo de mano de obra.....	91
4.1.5	Costo de transporte de material.....	92
4.1.6	Costos directos totales.....	92
4.2	Costos indirectos.....	92
4.3	Costo total.....	92
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXO		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: El sistema SCADA en tres funciones principales.....	14
Tabla 1-2: Factor de Servicio.....	23
Tabla 2-2: Longitudes primitiva nominal	25
Tabla 3-2: La sección del número de correa o por longitud.....	27
Tabla 4-2: Sección A (13x8).....	28
Tabla 5-2: Selección de la C3 para la interpolación.....	28
Tabla 6-2: Factor de transmisión (K) para prevenir deslizamiento.....	30
Tabla 7-2: Evaluación de parámetros técnicos fundamentales para el diseño de la banda.	31
Tabla 8-2: Datos de FUERZA.....	32
Tabla 9-2: Comparaciones de los módulos XBee	52
Tabla 10-2: Topología de red.....	53
Tabla 11-2: Tipos de actuadores	65
Tabla 12-2: Comparaciones sensores inductivos	67
Tabla 13-2: Funcionamiento de las válvulas.....	68
Tabla 14-2: Tipos de válvulas direccionales.....	68
Tabla 15-2: Tipos de cilindros.	70
Tabla 16-2: Tipos de sensores infrarrojos.....	71
Tabla 17-2: Tipos de sensores de color.....	71
Tabla 18-2: Tipos de sensores ultrasonido.....	72
Tabla 19-2: Tipos de pantalla LCD.....	73
Tabla 20-2: Modelo de relación	75
Tabla 1-3: Descripción del proceso.....	81
Tabla 2-3: Selección de la banda.	82
Tabla 3-3: Selección de los rodamientos.	82
Tabla 4-3: El equipamiento más adecuado para el monitoreo.	85
Tabla: 1-4: Costos neumáticos.....	90
Tabla: 2-4: Costos eléctricos.....	90
Tabla: 3-4: Costos mecánicos	91

Tabla: 4-4: Costos mano de obra	91
Tabla: 5-4: Costo transporte de material.....	92
Tabla: 6-4: Costo directos totales	92
Tabla: 7-4: Costo indirectos totales	92
Tabla: 8-4: Costo total	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Flujo de materiales	6
Figura 2-1: Flujo de información	7
Figura 3-1: Diagrama de Gantt	8
Figura 4-1: Ciclo PHVA	10
Figura 5-1: Red de sensores inalámbricos	15
Figura 6-1: Estado de un nodo inalámbrico	16
Figura 7-1: Partes del PLC.....	19
Figura 8-1: Microcontroladores	20
Figura 1-2: Plano XY de la fuerza en el eje motriz.	34
Figura 2-2: Plano XZ de la fuerza en el eje motriz.	35
Figura 3-2: Plano XY de la fuerza en el eje eslabón.....	36
Figura 4-2: Plano XZ de la fuerza en el eje eslabón.	37
Figura 5-2: Diseño banda transportadora.....	44
Figura 6-2: Diseño mesa estructural	45
Figura 7-2: Selección material de construcción estructura de la banda	45
Figura 8-2: Aplicación fuerza estructura de la banda	46
Figura 9-2: Límite de tensiones máximas de la estructura de la banda	46
Figura 10-2: Límite de desplazamiento de la estructura de la banda	47
Figura 11-2: Selección material de construcción estructura de la banda	47
Figura 12-2: Selección del tablero de la mesa	48
Figura 13-2: Aplicación fuerza estructura de la mesa.....	48
Figura 14-2: Límite de tensiones máximas de la estructura de la mesa.....	49
Figura 15-2: Límite de desplazamiento de la estructura de la banda	49
Figura 16-2: Prototipo de cuatro líneas de producción	50
Figura 17-2: Escudo XBee.....	51
Figura 18-2: Unidad base de serial a USB de XBee	51
Figura 19-2: XCTU.....	54
Figura 20-2: Configuración XBee	54

Figura 21-2: Selección de la configuración principal del XBee	55
Figura 22-2: Comunicación al coordinador del PANID	55
Figura 23-2: Selectora de metales	57
Figura 24-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de metales.....	57
Figura 25-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora de metales	58
Figura 26-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de metales.....	58
Figura 23-2: Selectora de colores	59
Figura 27-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales de colores	59
Figura 28-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora de colores	60
Figura 29-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de colores	60
Figura 30-2: Selectora de tamaños.....	61
Figura 31-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños.....	61
Figura 32-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora tamaños	62
Figura 33-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de tamaños.....	62
Figura 34-2: Selector de altura.....	63
Figura 35-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños.....	63
Figura 36-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora alturas .	64
Figura 37-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de alturas	64
Figura 38-2: Esquema de funcionamiento del sensor	65
Figura 39-2: Estados del sensor inductivo	66
Figura 40-2: Almacenamiento de base de datos	74
Figura 41-2: Registro de usuario.....	76
Figura 42-2: LabView, 2017.....	76
Figura 43-2: Entrada de información en LabVIEW.....	77
Figura 44-2: Entrada de información en LabVIEW.....	78
Figura 45-2: Switch de cuatro conexiones en LabVIEW	78
Figura 46-2: Esquema de programación LabVIEW.	79

Figura 47-2: Esquema de programación LabVIEW .	79
Figura 1-3: Modelo prototipo.....	85
Figura 2-3: Topología de red	86
Figura 3-3: Configuración de la red.....	87
Figura 4-3: Diseño de la base de datos	88
Figura 5-3: Interfaz grafica	89
Figura 6-3: Selectora de metales en LabVIEW	89
Figura 7-3: Selectora de colores en LabVIEW	90
Figura 8-3: Selectora de tamaños en LabVIEW	90
Figura 9-3: Selectora de alturas en LabVIEW	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Selección de perfil de correas	24
--	----

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A. Tabla 1.- Capacidad de Tensión de Bandas con empalmes vulcanizados
- ANEXO B. Tabla 8.- Ancho de la banda requerida para su acanalamiento, sin carga (pulg.)
- ANEXO C. Tabla 9.- Resistencia al impacto de acuerdo al No. De capas textil HT
- ANEXO D. Tabla 11.- Diámetros mínimos de poleas recomendadas (pulgadas)
- ANEXO E. Tabla 17.- Guía para seleccionar el espesor de la cubierta superior
- ANEXO F. Tabla de valores fl para rodamiento de bolas
- ANEXO G. Tabla fn para rodamientos de bolas
- ANEXO H. Prototipo de cuatro líneas de producción cumplió con la discriminación sensorial en productos terminados
- ANEXO I. Manual de configuración de la wsn
- ANEXO J. Manual de usuario
- ANEXO K. Manual de mantenimiento

ABREVIATURAS

A	Amperios
C	Carga dinámica
C2	Factor de corrección
Cm	Centímetro
Co	Carga estática
Dp	Diámetro
F	Fuerza resultante
Fr	Rodamiento rígido
Ft	Pies
FT	Fuerza tangencial polea
Hp	Caballo de fuerza
I	Diámetros primitivos
K	Polea lisa
Kr	Cargas radiales
KR	Fuerza rodillo
KR	Fuerza radial del rodillo
Kt	Fuerza tangencial
Kt banda	Fuera q se aplica en la banda
Kt eje	Fuera q se aplica en el eje
Kt rodillo	Fuera q se aplica en el rodillo
KW	Kilovatios
L	Longitud
Lb	Libras
Ln	Longitud normalizada
min	Minutos
mm	Milímetros
N	Newton
N m	Newton metro
n2	Frecuencia de trasmisión
Neje	Número de revoluciones del eje transmitido
P trans	Potencia trasmitida
PD	Potencia de diseño
Plg	Pulgadas
Pot	Potencia a trasmitir

rad	Radianes
rpm	Revoluciones por minuto
S	Velocidad
T1	Tensión lado tenso
T2	Tensión lado retorno
Te	Tensión efectiva
Tu	Tensión operación unitaria
Z	Cantidad de correas

RESUMEN

El presente trabajo describe el diseño e implementación de un sistema inalámbrico basado en una red de sensores. Se efectuó el diseño del prototipo y la selección de la topología, tecnología y equipamiento para implementación de la red. Para lo cual se identificó que la topología de red en estrella es la más apropiada para su ejecución. Que los módulos XBee S2 de tecnología ZigBee son los adecuados para la implementación de la red inalámbrica de sensores. Se identificó la selección de los sensores y actuadores en función del proceso de las líneas de producción a cumplir, para el sistema de control de calidad en productos terminados. Se hizo la selección previa de los elementos de máquina y el análisis estático en el software SolidWorks para determinar si el diseño del modelo prototipo cumple con los parámetros técnicos de resistencia de materiales. Se efectuó la construcción del prototipo dotado con el equipamiento adecuado para el monitoreo y control de calidad del producto terminado. A continuación, se realizó una base de datos en Access fundamentada en el sistema SCADA en el cual toda información es recopilada por los sensores y actuadores, en el sistema de campo. Se ejecutó una interfaz gráfica en LabVIEW que está vinculada a la base de datos de Access a través de un software que este a disponibilidad y acceso de los usuarios. Se obtuvo una red conectada en estrella compuesta por 4 elementos finales y un coordinador, que permite el monitoreo y control de producción. Trabajar en las mismas versiones todos los programas a realizar para la compatibilidad de reproducción, visualización y edición.

PALABRAS CLAVE: <DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (DAC)>, <RED SENSORES INALAMBRICOS>, <SCADA>, <CONTROL>, <MONITOREO>, <PRODUCCIÓN>.

SUMMARY

The present research was carried out to design and implement a wireless system based on a sensor network. The prototype was designed, selection of the topology, technology and equipment for network implementation. Then, it was identified that the star topology is the most appropriate for its execution. That the XBee S2 modules of ZigBee technology are suitable for the implementation of the wireless network of sensors and function of the process of the production, ranks to be met for the quality control system in finished products. The pre-selection of the machine elements and the static analysis in the solidWorks software was made to determine if the prototype model design meets the technical parameters of material resistance. The construction of the prototype equipped with the adequate equipment for monitoring and quality control of the finished product was carried out. Next, a database was made in Access based on Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) system in which all information is collected by the sensors and actuators, in the field system. A graphic interface was executed in LabVIEW that is linked to the Access database through software that is available and accessible by users. A star-connected network composed of four final elements and a coordinator, that allows monitoring and production control was obtained. Working in the same versions all the programs to be made for playback, viewing and editing compatibility.

Keywords: <COMPUTER ASSISTED DESIGN>, <WIRELESS SENSORS NETWORK>, <SCADA>, <CONTROL>, <MONITORING>, <PRODUCTION>.

INTRODUCCIÓN

Los procesos industriales tienen una tendencia de innovación tecnológica a pasos agigantados en la industria a nivel mundial. Todo avance se da gracias a factores de modernización y actualización de campos mecánicos, computacional y sobre todo la importancia de controlar y regular sistemas y procesos en su producción, es por ello se diseñó e implementó un sistema inalámbrico utilizando una red de sensores para la centralización y registro de información de un modelo prototipo de cuatro líneas de producción con discriminación sensorial en productos terminados con el objetivo de establecer una red mallada basada en el estándar ZigBee, para el tráfico de información entre las líneas de producción y el centralizador, determinando el equipamiento necesario para la implementación de la red inalámbrica de sensores, la selección de sensores para evaluar parámetros en el producto terminado y efectuar un control de calidad, ensamblar cuatro modelos prototipo de líneas de producción dotadas cada una de ellas con un cierto tipo de sensor para el control de calidad del producto terminado y generar una interfaz gráfica que me permita el monitoreo y control de la información de las líneas de producción. De manera que se desarrolló de acuerdo a los: diseños de estructura, elementos de máquinas, diseño del sistema de monitoreo, diseño del sistema de control, diseño de la base de datos, estructura del sistema de base de datos y el diseño de la interfaz gráfica.

ANTECEDENTES

Desde la revolución industrial que tuvo su auge en el siglo XVIII, el intelecto humano empezó a diseñar, construir e implementar nueva maquinaria que facilite el trabajo dentro de las industrias. Marcando una nueva etapa dentro de los avances tecnológicos que se siguen prolongando hasta la actualidad con la finalidad de solucionar problemas dentro de las empresas, como en la vida cotidiana.

La automatización de procesos industriales a través de los años ha dado lugar a un avance espectacular de la industria. Todo ello ha sido posible gracias a una serie de factores entre los que se encuentran las nuevas tecnologías en el campo mecánico, la introducción de las computadoras, y sobre todo el control y regulación de sistemas y procesos.

Las tecnologías en redes inalámbricas han tenido un importante y contribuyente desarrollo en los últimos años. Empezando desde la conexión a corto alcance como los infrarrojos hasta las redes de rango de alcance medio multisaltos como “ZigBee”. Entre otras tecnologías inalámbricas tenemos la conexión WI-FI, y en cuanto a tecnología disponible para teléfonos celulares el desarrollo de las comunicaciones M2M.

Las redes inalámbricas de sensores (WSN – Wireless Sensor Network), se basan en dispositivos autónomos de bajo coste y consumo (nodos) que son capaces de obtener información de su entorno, procesarla, y comunicarla a través de enlaces inalámbricos hasta un nodo central de coordinación.

Los nodos actúan como elemento de la infraestructura de comunicaciones al reenviar los mensajes transmitidos por nodos más lejanos hacia el centro de coordinación. La red de sensores inalámbricos está formada por numerosos dispositivos distribuidos espacialmente, que utilizan sensores para controlar diversas condiciones en distintos puntos.

JUSTIFICACIÓN

Justificación teórica

La información y conocimientos acumulados son un compendio de nuevas técnicas desarrolladas a través de la innovación tecnológica y el conocimiento acumulado por años de experiencia de autores cuyas obras se mencionan en la sección bibliográfica del presente documento, añadiendo a esto, el conocimiento generado en experiencias previas desarrolladas en el mismo campo de aplicación, es así que se expone la información necesaria de forma clara y concisa, que sirve de aporte para el desarrollo de las bases teóricas del presente trabajo y adquisición de nuevos conocimientos y técnicas aplicables para el desarrollo del proyecto.

Los principios de Automatización de Procesos, así como el conocimiento sobre, red de sensores inalámbricos, motores, bandas y demás accesorios son aplicados al área operativa del problema, construcción del modelo, permitiendo al operario un óptimo control de calidad, registro de producción y monitoreo desde un solo monitor, teléfono celular, de las diferentes líneas de producción.

Justificación metodológica

La incorporación cada vez mayor de sensores electrónicos en la industria ha determinado la necesidad de proponer métodos que contribuyan a reducir costos tanto de cableado como de canalización.

En estos casos las soluciones inalámbricas resultan muy convenientes, sin embargo, no existe un método estándar que permita su implementación independientemente de la tecnología propietaria a utilizar. Por este motivo, en esta investigación se propone una metodología para el diseño y la implementación de una red inalámbrica de sensores. Este método tiene siete pasos:

1. Identificación de los procesos
 Se visualiza que conjunto de operaciones se realiza dentro de cada proceso.
2. Control de la producción
 Se identifica que discriminación sensorial es la más idónea para cada proceso. De acuerdo a la calidad de producto terminado que se desea., en función de las características técnicas que debe cumplir.

3. Selección de dispositivos

De acuerdo a cada proceso se selecciona uno o varios dispositivos que se adapte al:

- Monitoreo del proceso
- Control
- Adquisición de datos

4. Selección del tipo de red:

Se busca una red de sensores que cumplan con el monitoreo, control y adquisición de datos.

5. Realizar pruebas experimentales con los dispositivos de forma individual y colectiva:

A través de múltiples pruebas experimentales se va probando la aplicación de la red de sensores en cada uno de los procesos de estudio seleccionados.

6. Implementar la red en campo:

Puesta en marcha de la idea programada a cada una de los procesos con el uso de una red de sensores inalámbricos controlada por un microcontrolador de arduino.

Justificación práctica

Dentro del sector industrial, la implementación de este proyecto resulta una buena alternativa para la solución del monitoreo efectivo desde un solo monitor, del control de calidad, registro de producción en varias líneas de producción a través de un sistema inalámbrico, ya que, permitirá a cualquier fábrica con ayuda de un operario supervisar la producción en tiempo real sin moverse del puesto de trabajo.

Manteniendo a través de este sistema de control inalámbrico altos estándares de calidad, manteniendo registro de información actualizada.

Una de las principales ventajas de WSN es que trabajan en lugares o entornos donde no es posible realizar cableado. La distribución de los nodos puede ser cambiante en función de las necesidades a cumplir.

El precio de los sensores es económico facilitando su adquisición e implementación a pequeñas y medianas empresas.

La respuesta por parte de la escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH a la solicitud que la industria ha presentado, demuestra la capacidad y actualidad de la carrera frente a las exigencias de la industria, demuestra también el compromiso de la Escuela de Ingeniería Industrial en su vinculación con la comunidad y favorece a la formación de futuros profesionales en la aplicación de conocimientos teórico-prácticos acumulados en el transcurso de estudio de la carrera.

OBJETIVOS

General

- Diseñar e implementar un sistema inalámbrico utilizando una red de sensores para la centralización y registro de información de un modelo prototipo de cuatro líneas de producción con discriminación sensorial en productos terminados

Específico

- Establecer una red mallada basada en el estándar ZigBee, para el tráfico de información entre las líneas de producción y el centralizador.
- Determinar el equipamiento necesario para la implementación de la red inalámbrica de sensores.
- Seleccionar sensores para evaluar parámetros en el producto terminado y efectuar un control de calidad.
- Ensamblar cuatro modelos prototipo de líneas de producción dotadas cada una de ellas con un cierto tipo de sensor para el control de calidad del producto terminado.
- Generar una interfaz gráfica que me permita el monitoreo y control de la información de las líneas de producción.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Sistema de producción

Son un conjunto de actividades u operaciones que realizan con el fin de producir algo. (Sipper & Bulfin Jr, 1998, pp. 7-9) También se define como todo aquello que toma un insumo transformándolo en un producto con un valor agregado. Los sistemas de producción se pueden clasificar en dos clases: de manufactura y de servicios. (Sipper & Bulfin Jr, 1998, pp. 7-9)

En la manufactura los insumos son tangibles sufriendo una transformación física, pero en el de servicios la mayoría de los insumos son intangibles. En todo sistema de producción se considera los siguientes componentes fundamentales: productos, clientes, materia prima, proceso de transformación, mano de obra directa e indirecta y los sistemas formales e informales que organizan y controlan todo el proceso. (Sipper & Bulfin Jr, 1998, pp. 7-9)

Un sistema de producción está estructurado por el proceso de manufactura y un proceso de flujo que se divide en dos partes: materiales e información. El flujo físico de materiales es tangible mientras que el flujo de información es intangible siendo este más difícil de seguir y controlar. En la siguiente figura 2-1 se muestra el flujo físico de materiales de un sistema de producción. (Sipper & Bulfin Jr, 1998, pp. 7-9)

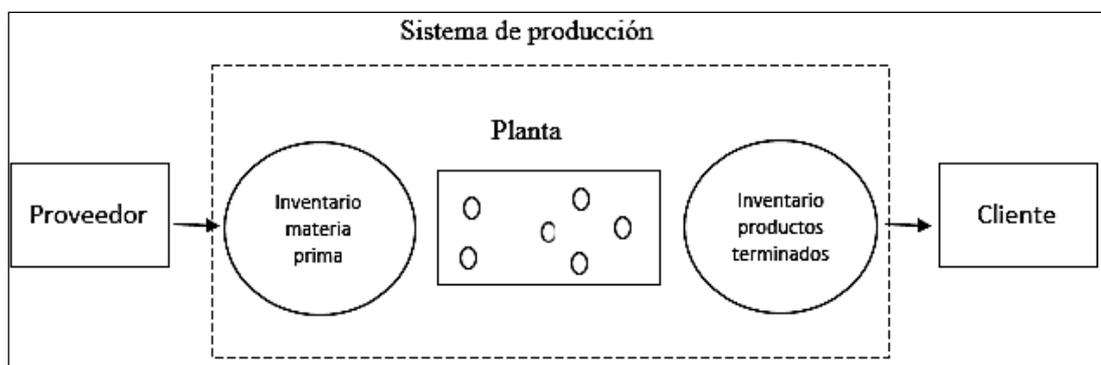


Figura 1-1: Flujo de materiales

Fuente: Sipper, Bulfin Jr. 1998. pág.

En el análisis del flujo de materiales se observa que se analiza tanto al proveedor como al cliente. En la figura 2-2 se muestra el flujo de información de un sistema de producción.

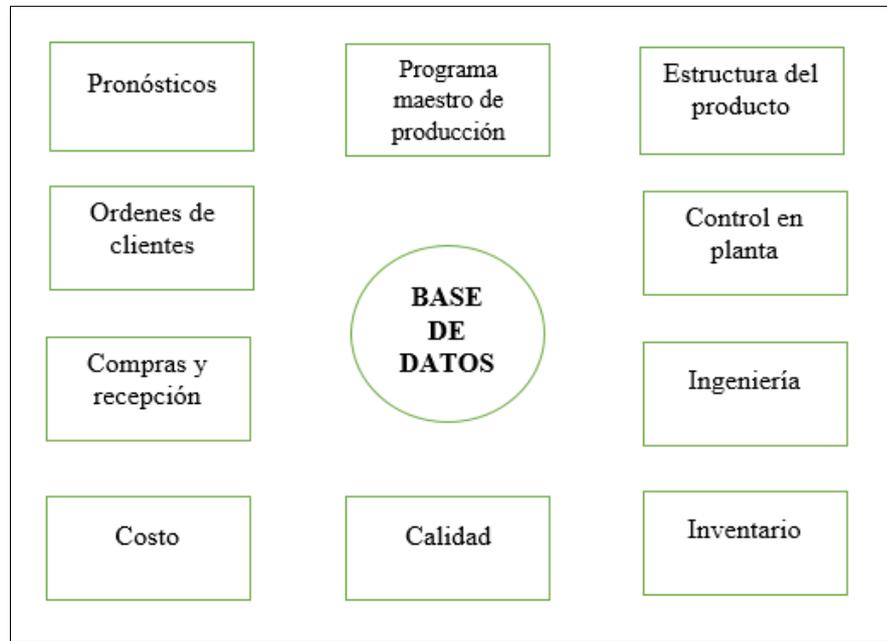


Figura 2-1: Flujo de información

Fuente: (Sipper, Bulfin Jr. 1998)

Siendo una base de datos que almacena todos registros del sistema de producción. (Sipper & Bulfin Jr, 1998, pp. 7-9)

1.2 Control de la producción

A lo largo del tiempo en la manufactura se ha ido mejorando poco a poco los procesos con el objeto de obtener una mejora en su producción. Buscando una mayor rentabilidad, reduciendo al mínimo el uso de sus recursos y maximizando sus utilidades (Chapman, 2006, pp. 179-180).

De esta manera se vieron impulsadas las empresas, que se centraron más en el control de la producción para tener una mejora en sus ganancias. Uno de los principales precursores de esto, fue Henry Ford fundador de la compañía Ford Motor Company quien desarrollo la producción en masa o en línea. Revolucionando a la industria del siglo XX (Chapman, 2006, pp. 179-180).

El control de la producción se encarga de vigilar de manera eficaz y eficiente el correcto desempeño de las actividades reales de fabricación de un producto, o la prestación de un servicio.

Todo esto implica una previa planificación para alcanzar altos estándares calidad en la producción o servicio ofertado. (Chapman, 2006, pp. 179-180)

Por tanto el control de la producción son el conjunto de actividades, métodos y sistemas utilizados para lograr este objetivo. (Chapman, 2006, pp. 179-180)

1.2.1 El diagrama de Gantt.

Uno de los principales factores que afecta al control de la producción ha sido fundamentalmente el tiempo de trabajo en la producción. Debido a esto se usa el diagrama de Gantt para controlar mejor el ciclo de trabajo (Chapman, 2006, p. 182).

Es una herramienta visual que se utiliza para conocer al detalle el tiempo que se tarda en hacer cada una de las actividades dentro de un proceso de producción. Analizando y modificando así cada uno de los instantes donde se requiera para un óptimo desempeño mejorando el rendimiento laboral. Casi siempre se realiza uno por cada centro de trabajo, e incluso por cada una de las piezas de equipo específicas, aprovechando la jornada laboral eficaz y eficientemente (Chapman, 2006, p. 182).

En la siguiente figura 3-1, se presenta un diagrama de Gantt conformado por múltiples tareas.

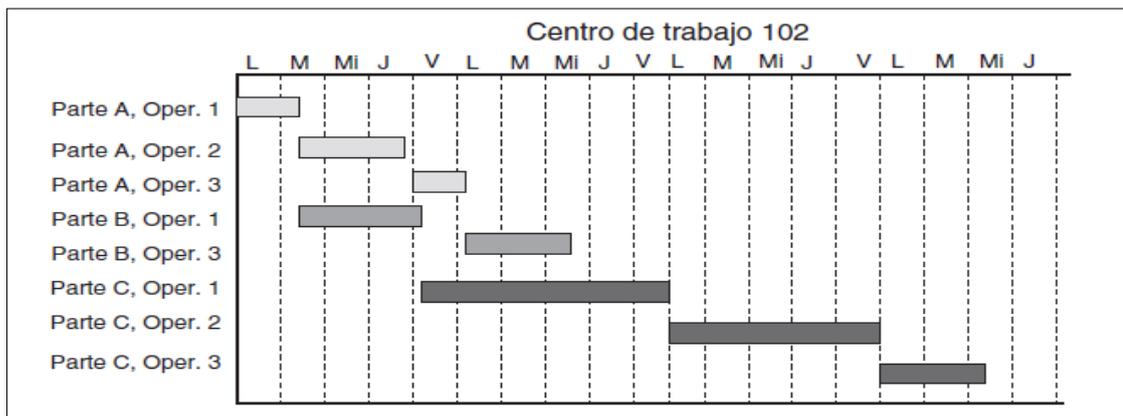


Figura 3-1: Diagrama de Gantt

Fuente: (Chapman, 2006)

A partir de este diagrama se evidencia las posibles fallas o falencias que se producen en el método de fabricación corrigiendo o reprogramando inmediatamente de ser posible. (Chapman, 2006, p. 182)

1.2.2 Pronóstico

Otro factor muy importante para el control de la producción es el pronóstico que se desea producir en función del que se va a vender. Fundamental que coincidan ambos para no tener pérdidas ni productos en stock (Chapman, 2006, p. 17).

“La formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro” (Chapman, 2006, p. 17).

Las principales características de los pronósticos son:

1. Los pronósticos no son exactos.
2. Los pronósticos son más precisos para grupos o familias de artículos.
3. Los pronósticos son más precisos cuando se hacen para periodos cortos.
4. Todo pronóstico debe incluir un error de estimación.
5. Los pronósticos no son sustitutos de la demanda calculada.

Los pronósticos se clasifican en: cualitativos y cuantitativos.

1. Pronósticos Cualitativos: Se basa en información a través de encuestas. A través de la descripción de cualidades.
2. Pronósticos Cuantitativos: Se basa en la relación entre variables, causa y efecto.
3. (Chapman, 2006, pp. 18-22)

1.2.3 Calidad de producción

Según la *American Society for Quality* (ASQ), “calidad es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en su capacidad para satisfacer necesidades dadas”. (Gutierrez Pulido, 2009, p. 5)

1.2.3.1 Control de calidad

Se realiza a través de la aplicación del ciclo de la calidad PHVA, que es un proceso de cuatro etapas para desarrollar proyectos de mejora; consiste en planear, hacer, verificar y actuar (Gutierrez Pulido, 2009, p. 13).

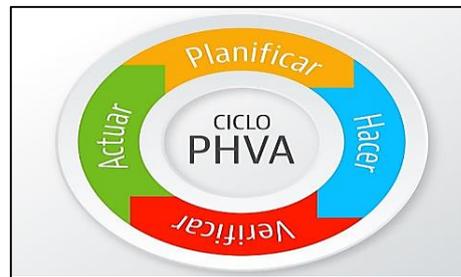


Figura 4-1: Ciclo PHVA

Fuente: (SafetYA, 2016)

1.2.3.2 Ciclo de calidad

Una forma de llevar a la práctica el ciclo PHVA, es dividir a éste en ocho pasos o actividades para su solución, como se muestra en la tabla, que se describen a continuación (Gutierrez Pulido, 2009, p. 13).

Tabla 1-1: Ciclo de Calidad

ETAPA	PASO	NOMBRE Y BREVE DESCRIPCIÓN DEL PASO
Planear	1	Seleccionar y caracterizar un problema: elegir un problema realmente importante, delimitarlo y describirlo, estudiar antecedente e importancia, y cuantificar su magnitud actual.
	2	Buscar todas las posibles causas: Lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa. Participan los involucrados.
	3	Investigar cuáles de las causas son más importantes: recurrir a datos, análisis y conocimiento del problema.
	4	Elaborar un plan de medidas enfocado a remediar las causas más importantes: para cada acción, detallar en qué consiste, su objetivo y cómo implementarla; responsables, fechas y costos.
Hacer	5	Ejecutar las medidas remedio: seguir el plan y empezar a pequeña escala.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos: comparar el problema antes y después.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia: si las acciones dieron resultado, éstas deben generalizarse y estandarizar su aplicación. Establecer medidas para evitar recurrencia.
	8	Conclusión y evaluación de lo hecho: evaluar todo lo hecho anteriormente y documentarlo.

Realizado por: Erick Encalada. 2018

Fuente: (Gutierrez Pulido, 2009, p. 14)

1.3 Control de operaciones

El control de operaciones está relacionado con el control de la cantidad, de los inventarios de entrada y de salida, y la forma de conocer oportunamente cómo evolucionan éstos y qué acciones deben tomarse cuando sea necesario.

Un sistema de control de las operaciones se concentra en la obtención de la producción deseada cumpliendo con los plazos de entrega al cliente. Es importante que este sistema sea sensible y confiable, que permita ejecutar y controlar las actividades planeadas para hacer oportuna y eficientemente los ajustes necesarios (Dalessio, 2004, p. 364).

1.3.1 Tipos de producción

James L. Riggs presenta una relación de los tipos de producción con el control que más se adecua a sus características:

- Producción continua - Control del flujo
- Producción intermitente - Control del pedido / orden
- Producción única - Control del proyecto

(Dalessio, 2004, p. 366)

1.3.1.1 Producción continua

La inflexibilidad de su proceso conlleva un exigente y meticuloso control del L_1 y L_2 , al exigir el proceso gran cantidad de insumos y de materiales indirectos por su volumen productivo. Esto también exige movilizar la salida hacia los canales de distribución para evitar la acumulación de L_3 con serias implicaciones económicas. Se requiere una estricta evaluación del control de inventarios. El control del flujo de inventarios es primordial en esta producción. (Dalessio, 2004, p. 367).

Características:

- Producto estandarizado de bajo costo unitario, altos volúmenes productivos y tiempos cortos de producción.
- Proceso inflexible con activos de carácter especial e intensivo en bienes de capital.
- *Layout* por producto.
- Trabajo no necesariamente calificado.
- Corridas largas de producción con tendencia a inventarios bajos.

(Dalessio, 2004, p. 367)

1.3.1.2 Producción intermitente

La complejidad de programar actividades de pedidos y órdenes que se generan en diferentes lugares, momentos y por diferentes clientes hace de la producción intermitente la más difícil de controlar, el control de la llegada de pedidos y la atención de las órdenes es primordial en este tipo de producción. (Dalessio, 2004, p. 367).

Características:

- Producto casi estandarizado que requiere controles más cercanos, costo unitario promedio, volúmenes promedio de producción y mayores tiempos de producción.
- Proceso más flexible con activos de carácter especial y general, balance entre bienes de capital y trabajo (mano de obra).
- *Layout* por proceso.
- Trabajo medianamente calificado.
- Corridas más cortas de producción con inventarios más altos.

(Dalessio, 2004, p. 367).

1.3.1.3 Producción única

Son proyectos largos y complejos en su mayor parte. La ventaja del avance progresivo tiene su contraparte en el riesgo que deben asumir estas empresas. Muchas actividades, algunas en paralelo, con o sin holgura, permiten el control de las actividades y eventos del proyecto. (Dalessio, 2004, p. 367).

Características:

- Producto único, alto costo unitario, bajos volúmenes productivos y tiempos de producción largos.
- Proceso flexible con activos de carácter general e intensivo en mano de obra.
- *Layout* por posición fija.
- Trabajo altamente calificado.
- Corrida única de producción con tendencia a altos inventarios.

(Dalessio, 2004, pp. 364-367)

1.4 Sistemas de SCADA

La palabra SCADA responde al acrónimo Supervisory Control And Data Acquisition, es decir, Sistema de adquisición y supervisión de datos. Un sistema SCADA es una aplicación o un grupo de aplicaciones software que se ejecutan sobre un PC, en los últimos tiempos se ha propiciado el uso de ordenadores industriales y pantallas HMI para interactuar con el SCADA, que sirven para comunicarnos y controlar con los distintos elementos y procesos de un sistema industrial, ofreciendo una interfaz gráfica de grandes prestaciones que proporciona información del proceso a distintos usuarios: operadores de supervisión, operadores de mantenimiento, supervisores de control de calidad, etc. (Gallardo, 2013).

Si bien es cierto que, en sus orígenes, el término SCADA estaba asociado exclusivamente a aplicaciones software que permitan la adquisición de datos y la supervisión del proceso de control, con la evolución tecnológica de los últimos años, los avances en el hardware, y los buses de comunicación asociados a este tipo de aplicaciones, han propiciado una integración de las soluciones SCADA cada vez más cercana a la integración del software, el hardware y las comunicaciones (Gallardo Vázquez, 2013).

Las antiguas interfaces entre usuario/operario y la planta o proceso basados en paneles de control con múltiples indicadores luminosos, instrumentos de medida y pulsadores, están siendo sustituidas por sistemas basados en entorno PC y tecnología digital (Gallardo Vázquez, 2013).

En estos nuevos sistemas, el control directo recae sobre los autómatas programables y los controladores digitales, los cuales son conectados a un PC, que se encarga de las funciones de dialogo con el operario, así como del control de la producción y tratamiento de la información, utilizando el software SCADA (Gallardo Vázquez, 2013).

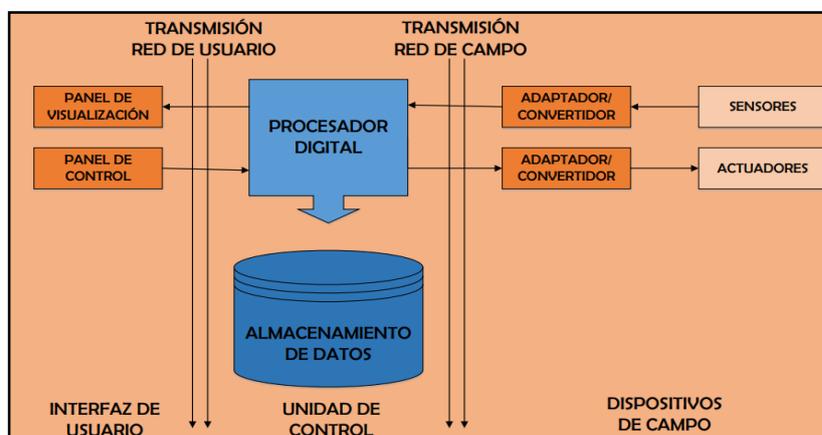


Figura 4-1: Sistema SCADA

Fuente: (Gallardo Vázquez, 2013)

El sistema SCADA permite el control y monitoreo de forma remota para el usuario, basado en la transmisión de campo y transmisión red de usuario. Recibiendo toda la información el hardware.

Características de un sistema SCADA

La característica esencial de un sistema SCADA es la supervisión de control y adquisición de datos de manera remota o desde un sistema local a través de un interfaz gráfico. Permitiendo al usuario mayor comodidad a la hora de supervisar los elementos del sistema de control desde un monitor o pc (Gallardo Vázquez, 2013).

Funciones del SCADA

Tabla 1-1: El sistema SCADA en tres funciones principales.

FUNCIONES SISTEMA SCADA	
Monitoreo proceso	Seguimiento de la información a través de: <ul style="list-style-type: none"> • WSN • Tecnología Zigbee
Control	Automatización de procesos a través de: <ul style="list-style-type: none"> • PLC • Microcontroladores
Adquisición de datos	Procesar y almacenar la información

Realizado por: Erick Encalada. 2018

Fuente: Funciones sistema SCADA.

1.4.1 Monitoreo de procesos automatizados

El monitoreo de procesos es un sistema de recolectar, analizar y utilizar la información para hacer seguimiento al progreso de un programa en función de los objetivos alcanzar. Obteniendo un sistema que permite manejar el procesamiento de datos en tiempo real a través de la instrumentación y tecnología (Ebel, et al., 2008, p. 15).

1.4.1.1 Red de Sensores inalámbricos

La red de sensores inalámbricos o WSN son colecciones de nodos computacionales de tamaño compacto y relativamente barato, que miden las condiciones ambientales locales u otros parámetros e información a un punto central para el procesamiento apropiado. Los nodos (WNS)

pueden comunicarse con los nodos vecinos, y pueden, en muchos casos realizar cálculos básicos sobre los datos que se están recogiendo (Sohraby, et al., 2007, p. 38).

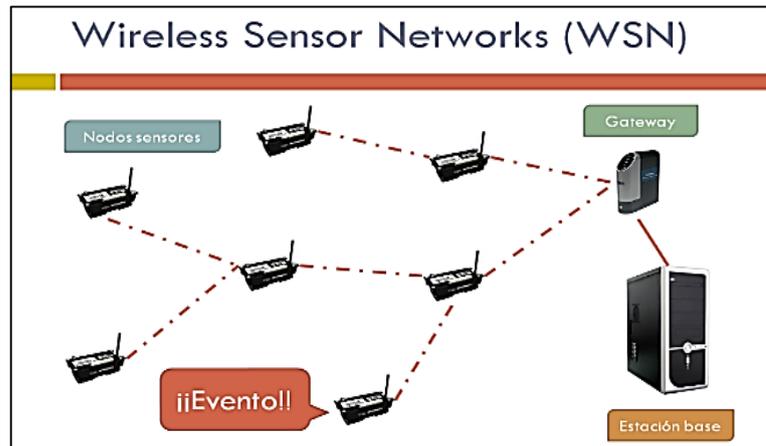


Figura 5-1: Red de sensores inalámbricos

Fuente: (Blogspot, 2016)

Nodo inalámbrico

Son dispositivos electrónicos capaces de captar información proveniente del entorno en el que se encuentran, procesarla y transmitirla inalámbricamente hacia otro destinatario. (Fernández Martínez, et al., 2001, p. 18)

Diseñar un nodo no se reduce a miniaturizar un ordenador personal. Hay que tener en cuenta que queremos un espacio reducido, un consumo muy bajo de energía y un coste de los dispositivos reducido. Y en contraposición a esto una potencia de ejecución de programas elevadas y una transmisión de datos eficaz y con amplia longitud de emisión (Fernández Martínez, et al., 2001, p. 18).

Estado de los nodos inalámbricos

- Sleep (durmiendo): Es el estado en el cual el nodo se mantiene inactivo y de esta manera ahorra energía.
- Wake Up (despertando) (despertando): Estado de transformación entre el sleep y el active.
- Active (activo): Momento en el cual el nodo empieza a transferir información.

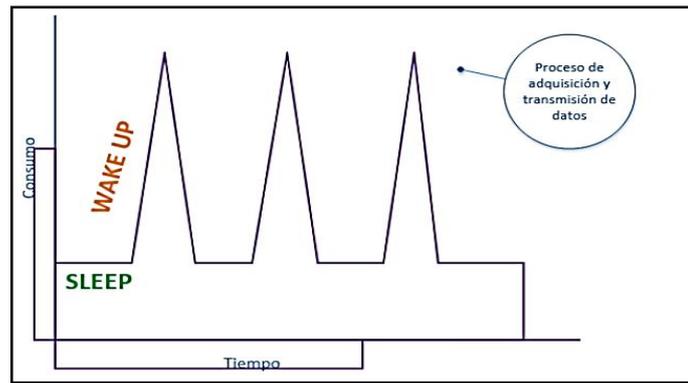


Figura 6-1: Estado de un nodo inalámbrico

Fuente: (Leon, 2010)

1.4.1.2 Tecnología ZigBee

ZigBee es una nueva tecnología de inalámbrica de corto alcance y bajo consumo originaria de la antigua alianza HomeRF y que se definió como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización.

Entre las aplicaciones que puede tener están:

- Domótica.
- Automatización industrial.
- Reconocimiento remoto.
- Juguetes interactivos.
- Medicina.
- Entre otras.

(Martín Moreno & Ruiz Fernández, 2007, p. 4)

Dispositivos ZigBee

Coordinador

El coordinador es el nodo más completo, tiene que mantener una lista de los dispositivos asociados y facilitar que los dispositivos se incorporen directamente en la red. Además, procesa las peticiones de solicitud del router o de los dispositivos finales (Martín and Ruiz, 2007, p. 14).

Router

Interconecta los nodos asociados dentro de una red. También permite la eliminación de la red de dispositivos asociados bajo su control de aplicación (Martín and Ruiz, 2007, p. 15).

Dispositivo final

Es un nodo que debe estar asociado con un router o coordinador para transmitir la información. Pero no puede transmitir información entre dispositivos (Martín and Ruiz, 2007, p. 16).

1.4.2 Control

1.4.2.1 Automatización

La técnica de la automatización es una disciplina que abarca varias especialidades y que, por lo tanto, recurre a conocimientos y métodos de diversas ciencias de ingeniería. La norma DIN 19223 define un autómatas como un sistema artificial que se comporta de determinadas maneras relacionando comandos de entrada con estados del sistema, con el fin de obtener las salidas necesarias para solucionar tareas (Ebel, et al., 2008, p. 15).

Consecuencias de la automatización para el ser humano

Una de las razones principales para el uso de sistemas automatizados fue y sigue siendo la necesidad de producir a costos cada vez menores para ser competitivos. La técnica de la automatización contribuye a ese fin de varias maneras:

- En las secciones de fabricación automatizada se necesitan menos operarios.
- Se puede fabricar las 24 horas del día, interrumpiendo los procesos únicamente para realizar trabajos de mantenimiento.
- En términos generales, las máquinas cometen menos errores que los humanos, por lo que los productos tienen un alto y constante nivel de calidad.
- Los tiempos de los procesos son menores. Es posible entregar a los clientes más productos en menos tiempo.
- Gracias a la automatización, los operarios no tienen que hacer trabajos monótonos, pesados y peligrosos o nocivos para la salud.

(Ebel, et al., 2008)

1.4.2.2 Autómatas programables

Un autómatas programable es una máquina industrial susceptible de ser programada al estar basada en un sistema de microprocesador dotado de un hardware estándar independiente del proceso a

controlar. Se adapta al proceso a través de un programa (software), se ajusta a la necesidad del usuario, escrito en un lenguaje de programación que contiene los procesos a realizar en forma secuencial (Jiménez, 2001, p. 1).

Aplicaciones

La principal finalidad de la automatización es la de dirigir la evolución de un proceso con la mínima intervención de un operador.

De acuerdo al proceso, y las necesidades que se requieran cumplir la automatización busca solucionar los posibles inconvenientes que se puedan presentar, haciéndole flexible a los procesos. Estas cuestiones han hecho evolucionar a los sistemas de automatización dotándolos de funciones adicionales de ejecución de tareas y monitorización de procesos (Jiménez, 2001, pp. 13-14).

PLC (controlador lógico programable)

Un PLC es un sistema basado a través de un microprocesador. Sus principales componentes son:

1. La unidad central de proceso o CPU: Se encarga de controlar tanto externamente como internamente, así como de las instrucciones del programa.
2. La memoria: Almacena las instrucciones tanto de entradas como de salidas.
3. El sistema de entradas/salidas
4. Memoria ROM:
5. Memoria RAM:

(Aguilera, 2002)

A continuación en el siguiente grafico se describe las principales partes de un PLC desde un punto de vista visual.

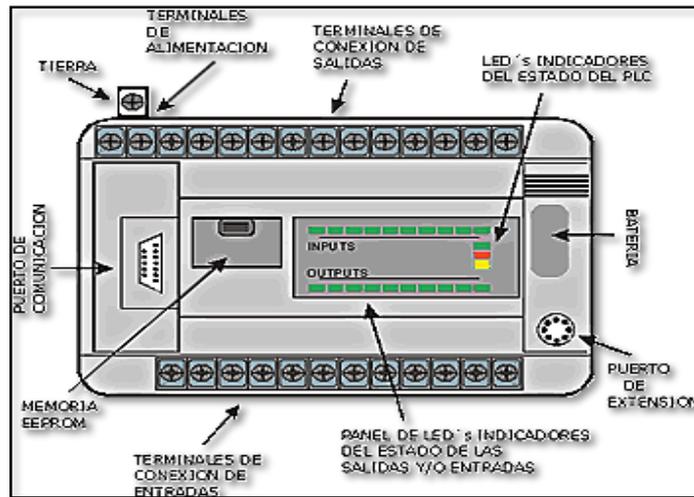


Figura 7-1: Partes del PLC

Fuente: (Rocatek, 2010)

Funciones básicas de un PLC

Dentro de estas funciones fundamentales podemos mencionar las siguientes:

- La detección: lectura o medición de los captadores que están distribuidos por el sistema.
- El mando: Elabora y envía las acciones mediante los accionadores y preaccionadores al sistema.
- El dialogo hombre - máquina: Mantener un dialogo que se ajuste a los operarios de producción obediendo sus consignas e informando el estado del proceso.
- Redes de comunicación: Interacción con otras partes de control.
- Sistemas de supervisión: comunicación con pc, monitores donde se permita la visualización del monitoreo.

(Aguilera, 2002)

Micontroladores

“El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos” (Novas Peña, 2008, p. 6).

“Es un circuito integrado programable que integra en un solo chip las unidades de memoria para el almacenamiento de datos, aritmética – lógica para el cálculo de operaciones, las unidades de entrada y salida para comunicación con otros periféricos, temporizadores y el controlador de interrupciones” (ceduvirt, s.f.).

Esquema de funcionamiento

El microcontrolador es un computador dedicado a diversas aplicaciones. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada (Novas Peña, 2008, p. 5).

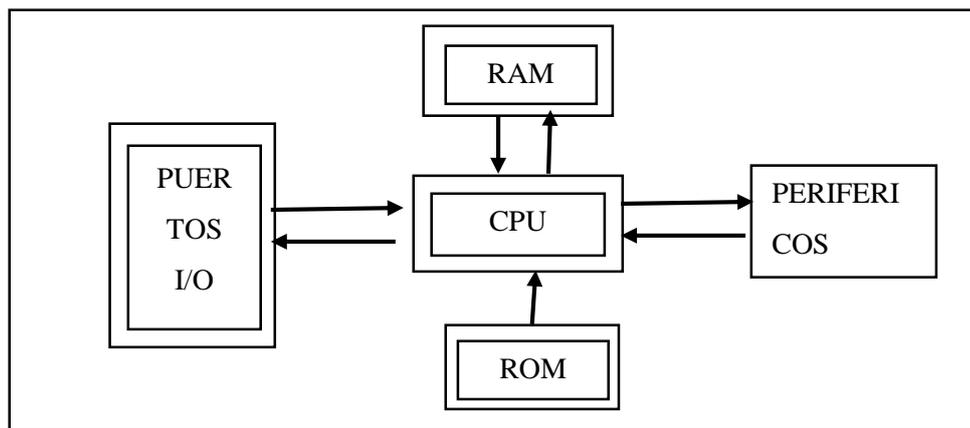


Figura 8-1: Microcontroladores

Fuente: (Novas Peña, 2008, p. 5)

1.4.3 Adquisición de datos

“Un sistema gestor de bases de datos (SGBD) consiste en una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a dichos datos. La colección de datos, normalmente denominada base de datos contiene información relevante para una empresa” (Silberschatz, et al., s.f., p. 1).

1.3.1 Aplicación de las bases de datos

Las bases de datos son ampliamente usadas. Las siguientes son algunas de sus aplicaciones más representativas:

- Banca. Para información de los clientes, cuentas y préstamos, y transacciones bancarias.
- Líneas aéreas. Para reservas e información de planificación. Las líneas aéreas fueron de los primeros en usar las bases de datos de forma distribuida geográficamente (los

terminales situados en todo el mundo accedían al sistema de bases de datos centralizado a través de las líneas telefónicas y otras redes de datos).

- Universidades. Para información de los estudiantes, matrículas de las asignaturas y cursos.
- Transacciones de tarjetas de crédito. Para compras con tarjeta de crédito y generación mensual de extractos.
- Telecomunicaciones. Para guardar un registro de las llamadas realizadas, generación mensual de facturas, manteniendo el saldo de las tarjetas telefónicas de prepago y para almacenar información sobre las redes de comunicaciones.
- Finanzas. Para almacenar información sobre grandes empresas, ventas y compras de documentos formales financieros, como bolsa y bonos.
- Ventas. Para información de clientes, productos y compras.
- Producción. Para la gestión de la cadena de producción y para el seguimiento de la producción de elementos en las factorías, inventarios de elementos en almacenes y pedidos de elementos.
- Recursos humanos. Para información sobre los empleados, salarios, impuestos y beneficios, y para la generación de las nóminas.

(Silberschatz, et al., s.f., p. 1)

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Selección de los elementos de máquinas

2.2.1 Selección del sistema de transmisiones por correa trapecial

Para diseñar un sistema de transmisión por correas, se deben conocer ciertas condiciones como son:

- Características de la maquina motriz: Voltaje 12 V e Intensidad de 5A
- Potencia a transmitir: Pot = 0,06 KW = 0,08 Hp
- Frecuencia de transmisión de unas de las poleas: $n_1 = 12$ rpm
- Diámetro primitivo de las poleas: $D_p = 12,8$ cm ; $d_p = 5,08$ cm
- Horario de trabajo de 8 horas al día

2.2.1.1 Calculo de la relación de transmisión.

A partir de los datos de los diámetros primitivos se obtiene la relación de transmisión.

$$i = \frac{D_p}{d_p} \quad (1) \quad ; \quad i = \frac{12,7}{5,08} = 2,5$$

A continuación, se calcula la frecuencia de transmisión de la otra polea.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad ; \quad 3,18 = \frac{13}{n_2} \rightarrow n_2 = 5,2 \text{ rpm}$$

2.2.1.2 Cálculo de la potencia de diseño.

I. Factor de Servicio

Es un factor que anticipa los diferentes tipos de incrementos de carga que se producen en las correas durante su funcionamiento, debido a que las máquinas conducidas tienen formas

particulares de funcionamiento, se deben prevenir faltas debidas a los golpes, vibraciones o tirones. Se encuentra en la tabla 1 del anexo 1.

En la siguiente tabla se escoge el factor de servicio que más se asemeja en su diseño.

Tabla 1-2: Factor de Servicio

Máquina accionada		Máquina motriz			Máquina motriz		
Clase	Ejemplos	Motores eléctrico (C.A de arranque suave, C.D. con arrancador estrella delta, C.D. Shunt), motores de combustión interna con más de 4 cilindros, máquinas con acoples flexibles.			Motores eléctrico (C.A de arranque directo C.D. serie y compuesto), máquinas de combustión interna con menos de 4 cilindros.		
		Horas de trabajo diarias			Horas de trabajo diarias		
		<10	10 a 16	>16	<10	10 a 16	>16
1 (servicio ligero)	Agitador (densidad uniforme) Ventilador y soplador (>7.5KW) Compresor y bomba rotatoria. Banda transportadora(carga uniforme)	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
2 (servicio medio)	Agitador (densidad variable) Ventilador y soplador (>7.5KW) Compresor y bomba rotatoria. Banda transportadora (carga no uniforme), Generador, Lavadora, Eje de transmisión. Máquina herramienta, Imprenta, Maquina para madera.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
<p>Nota para transmisiones con relaciones de velocidad:</p> <p>Si $(1.0 < i < 1.24)$ multiplique fs por 1.0</p> <p>Si $(1.25 < i < 1.7)$ multiplique fs por 1.05</p> <p>Si $(1.75 < i < 2.49)$ multiplique fs por 1.11</p> <p>Si $(2.50 < i < 3.49)$ multiplique fs por 1.18</p> <p>Si $(i > 3.5)$ multiplique fs por 1.25)</p>							

Realizado por: Erick Encalada. 2018

Fuente: British Standard. BS 3790: Specification for belt drives - Endless wedge belts, endless V-belts, banded wedge belts, banded V-belts and their corresponding pulleys. London, UK: 2006.

Seleccionado un factor de servicio de clase ligero para una carga horaria de 8 horas laborables, se obtuvo un factor de servicio de 1.

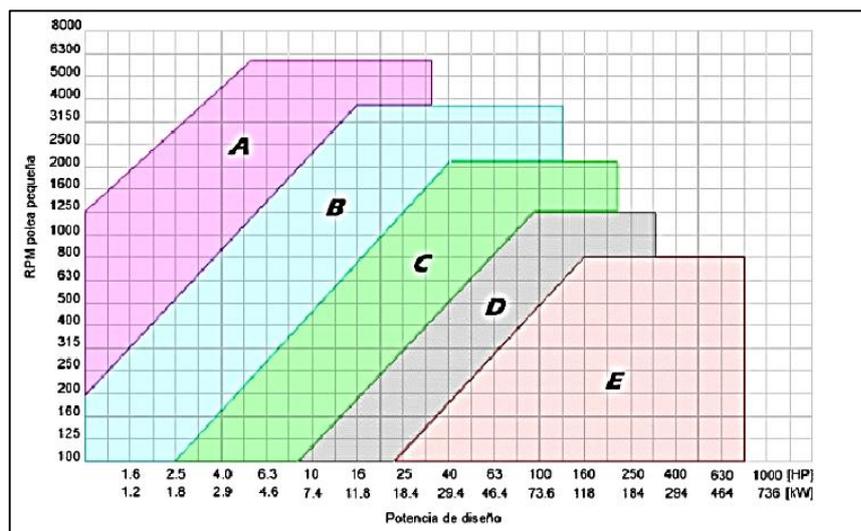
II. Potencia de diseño

Este valor se define como la potencia máxima con la que va a transmitir, teniendo en cuenta el factor de servicio previamente seleccionado de acuerdo a sus requerimientos de trabajo.

$$P_D = P * C_1 = 0,08 * 1.0 = 0,08Hp (2)$$

Escoger la sección de correa más adecuada.

Según las r.p.m de la polea pequeña y Potencia de diseño, se elige el perfil de correa que más se adapte al diseño según el monograma de la figura.



Graficó 1-2: Selección de perfil de correas

Fuente: Catálogo Roflex de correas trapezoidales

Con los datos mencionados anteriormente se obtiene el tipo de correa más adecuado a las necesidades del diseño.

Correa tipo `` A ``

- $n_1=13$ rpm
- $P_D=0,08$ Hp

2.2.1.3 Identificar la correa y las poleas a utilizar.

Esto se realiza a través del cálculo de la relación de trasmisión del apartado 1;

$$i = \frac{Dp}{dp} \quad ; \quad i = \frac{12,7}{5,08} = 2,5$$

$$Dp = 127 \text{ mm}$$

$$dp = 50,8 \text{ mm}$$

Determinar la distancia entre ejes, que se requiere en función del tamaño de las poleas.

$$\text{Para } i > a \ 3 \quad C \geq Dp$$

$$C \geq 127 \text{ mm}$$

$$Dp \leq C \leq 3 * (Dp + dp) \quad (3)$$

$$127 \leq C \leq 533,4$$

$$C = 200 \text{ mm}$$

2.2.1.4 Longitud de la correa

Se calcula la longitud que se necesita de acuerdo a la distancia entre ejes calculado en el apartado anterior.

$$L = (2 * C) + 1,57(Dp + dp) + \frac{(Dp - dp)^2}{4 * C} \quad (4)$$

$$L = (2 * 200) + (1,57 * (127 + 50,8)) + \frac{[(127 - 50,8)]^2}{(4 * 200)}$$

$$L = 686 \text{ mm}$$

Tabla 2-2: Longitudes primitiva nominal

LONGITUDES PRIMITIVAS DE LAS CORREAS					
Nº	Perfil A (13x8)	Perfil B (17x10.5)	Perfil C (22x13.5)	Perfil D (32x19)	Perfil E (40x25)
26	690				
28	741				
31	817				
35	919	932			
38	995	1008			
42	1097	1110			
46	1198	1211			

Realizado por: Erick Encalada. 2018

Fuente: Catalogo Roflex de correas trapezoidales

Una vez calculada la longitud L de la correa y ser seleccionada L_n (longitud normalizada) se debe recalcular definitivamente la distancia entre centros de poleas con la siguiente formula:

Perfil A, $L=686$ mm, N° 26 y $L_n=694$ mm

$$C_c = C \pm \left[\frac{L-L_n}{2} \right] \quad (5)$$

Signo (+) cuando $L < L_n$

Signo (-) cuando $L > L_n$

En este caso tenemos que $686 < 694$, tenemos que:

$$C_c = 200 + \left[\frac{686 - 694}{2} \right]$$

$$C_c = 204 \text{ mm}$$

La distancia entre centros corregidos es de 204 mm , debido a que se usa correas normalizadas.

2.2.1.5 Determinar el arco de contacto menor.

Para una transmisión con correa abierta se determina con:

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{D_p - d_p}{C_c} \right) > 120^\circ \quad (6)$$

$$\alpha_1 = 180 - 57 * \left(\frac{127 - 50,8}{202} \right) > 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 158^\circ > 120^\circ$$

2.2.1.6 Determinar la potencia que transmite una correa (P_1) y el factor de corrección (C_2)

Conociendo la velocidad del eje rápido, la relación de transmisión i y la sección, se consulta la tabla correspondiente a la sección de correa utilizada. Se obtiene de ella la potencia que es capaz de conducir una sola correa P_1 en HP, este valor se comparara con la potencia de diseño para calcular cuantas correas serán necesarias en su transmisión.

Para realizar el cálculo final se necesitan dos factores de corrección. El primero es el factor C_2 que considera a la longitud de la correa. Se obtiene de una tabla pequeña ubicada en la parte baja de la tabla correspondiente a la sección, se ingresa a ella por el número de correa o por la longitud.

Tabla 3-2: La sección del número de correa o por longitud.

SECCION A (13X8)																				
(PRINCIPIO)									(ARRIBA) (ADELANTE)											
Diámetro polea chica		R.V	RPM DE LA POLEA PEQUEÑA																	
m	pul	1:i	20	40	72	80	95	120	145	160	180	200	220	240	260	280	320	360	400	
m	g																			
63	2,5	1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,55	0,61	0,63	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,75	0,75	0,73	0,68	
			7	8	0	0	9													
	1,05	1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,57	0,63	0,66	0,69	0,72	0,74	0,77	0,78	0,78	0,78	0,75	0,7	
			7	8	1	1	0													
	1,2	1	0,1	0,2	0,4	0,4	0,5	0,58	0,64	0,68	0,72	0,74	0,77	0,79	0,8	0,8	0,8	0,8	0,78	0,73
			8	9	3	3	1													
	1,5	1	1	0,1	0,3	0,4	0,4	0,5	0,61	0,67	0,7	0,74	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84	0,83	0,8	0,74
				8	0	4	7	3												
	3	1	1	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,62	0,69	0,73	0,77	0,79	0,81	0,84	0,85	0,86	0,85	0,83	0,77
				9	2	5	0	5												

Realizado por: Erick Encalada, 2018.

Fuente: Catalogo Roflex de correas trapezoidales

Debido a que tenemos como dato un diámetro de polea pequeña es de 50,8 mm, y un $n1 = 13 \text{ r.p.m}$

Tenemos que interpolar para el diámetro de 63 mm las relaciones de transmisión hasta obtener la del diseño.

Se desarrolla de la siguiente manera.

1,5	0,18
2,5	X
3	0,19

$$\frac{3 - 1,5}{2,5 - 1,5} = \frac{0,19 - 0,18}{X - 0,18}$$

$$X = 0,187 \text{ Hp}$$

Para calcular la velocidad de diseño de la polea pequeña, se hace con el valor mínimo tabulado.

200	0,187
-----	-------

$$x = 0,187 Hp$$

Para obtener el P1 con un diámetro de 50,8 mm:

63	0,187
50,8	X

$$\frac{50,8 * 0,187}{63} = X$$

$$x = 0,14 Hp$$

Según estos datos se obtiene el factor de corrección para la longitud de correa a través la siguiente tabla.

Datos:

$$\checkmark N^{\circ}26 ; L_n = 690 mm$$

Tabla 4-2: Sección A (13x8)

CORREA N°	26	28	31	38	42	46	51	55	60	64
Longitud correa mm	690	741	817	917	995	1097	1198	1325	1427	1554
Factor de corrección	0.81	0.82	0.84	0.87	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98

Realizado por: Erick Encalada, 2018.

Fuente: Catalogo Roflex de correas trapezoidales

$$C2 = 0,81Hp$$

2.2.1.7 Calculo de la cantidad de correas necesarias

El último factor de corrección C3 considera el arco de contacto entre la correa y las poleas que en definitiva la capacidad de transmisión ya que este es un sistema que trabaja por roce.

Tabla 5-2: Selección de la C3 para la interpolación.

(Dp-dp)/C	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70
Arco de contacto	180°	174°	169°	163°	157°	151°	145°	139°
Factor de corrección	1.00	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.89

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Catalogo Roflex de correas trapezoidales

Interpolamos con los valores señalados:

163°	0,96
------	------

158°	X
157°	0,94

$$\frac{163 - 157}{158 - 157} = \frac{0,96 - 0,94}{X - 0,94}$$

$$X = 0,943$$

$$\frac{Dp - dp}{C} ; \frac{127 - 50,8}{200} = 0,38$$

$$Z = \frac{P_D}{(C2 * C3 * P_C)} \quad Z = \frac{0,08}{(0,81 * 0,943 * 0,14)} \quad Z = 0,75 \quad Z = 1 \text{ correa}$$

2.2.1.8 Velocidad de la banda

La velocidad debe ser lo mayor posible para disminuir la cantidad de correas necesarias en la transmisión, pero nunca debe superar la velocidad máxima para que el efecto de la fuerza centrifugando disminuya la capacidad atractiva.

$$V = \frac{n1 * \pi * dp}{6000} \quad (7)$$

$$V = \frac{13 * \pi * 50,8}{60000} \quad V = 0,0345 \frac{m}{s} < V_{max}$$

$$V = 3,45 \frac{cm}{s} = 6,79 \text{ ft/min}$$

2.2.2 Selección de la banda

Este método se basa en la capacidad del motor de funcionar con la máxima tensión de operación, con el fin de no sobre esforzar al motor durante la labor de funcionamiento.

Para seleccionar la banda que más se adecue a las necesidades de operación se deben conocer ciertas condiciones como son:

- Características de la maquina motriz: Voltaje 12 V e Intensidad de 5A
- Potencia a transmitir : Pot = 0,06 KW = 0,08 Hp
- Velocidad: S = 6,79 ft/min
- Horario de trabajo de 8 horas al día

2.2.2.1 Tensión efectiva

Es la tensión aplicada para mover la banda de acuerdo a las características técnicas del motor, para las siguientes condiciones:

- Girar la banda sin carga
- Mover la carga horizontalmente
- Elevar la carga sobre la banda contra la fuerza de gravedad

$$T_e = \frac{0,9 * Hp \text{ motor} * 33000}{s} \quad (8)$$

$$T_e = \frac{0,9 * 0,08 * 33000}{6,79}$$

$$T_e = 350 \text{ lb}$$

2.2.2.2 Tensión lado retorno

Es la tensión necesaria para que la polea motriz o rodillo no patine sobre la banda en el momento de giro.

$$T_2 = K * T_e \quad (9)$$

$$T_2 = 0,77 * 350 \quad T_2 = 270 \text{ lb}$$

Tabla 6-2: Factor de transmisión (K) para prevenir deslizamiento

ANGULO DE CONTACTO EN LA BANDA DE TRANSMISION	TIPO DE TRANSMISION	TENSOR DE TORNILLO		TENSOR DE GRAVEDAD	
		POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA	POLEA LISA	POLEA RECUBIERTA
150°	Recta	1,5	1	1,08	0,67
160°	Recta	1,4	0,9	0,9	0,6
170°	Recta	1,3	0,9	0,91	0,55
180°	Recta	1,2	0,8	0,84	0,5
190°	De contacto	1,1	0,7	0,77	0,45
200°	De contacto	1	0,7	0,72	0,42
210°	De contacto	1	0,7	0,67	0,38

Realizado por: Erick Encalada, 2017

Fuente: Catalogo Roflex de correas trapezoidales

2.2.2.3 Tensión lado tenso

Es el resultado de la suma de la tensión efectiva y la tensión en el lado de retorno.

$$T_1 = T_e + T_2 \quad (10)$$

$$T_1 = 350 + 270 \quad T_1 = 620 \text{ lb}$$

2.2.2.4 Tensión operación unitaria

Es la relación entre la tensión lado tenso y el ancho de banda que se requiere para la operación. Es decir la cantidad de lb fuerza por cada cm de ancho de banda.

$$T_u = \frac{T_1}{\text{ancho banda}} \quad (11)$$

$$T_u = \frac{620}{4,33} \quad T_u = 142 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

2.2.2.5 Selección de la banda correcta

Se realizó una tabla de 7 columnas en las cual se evaluó 5 parámetros técnicos fundamentales para el diseño de la banda, así como el costo por metro para la mejor alternativa.

Tabla 7-2: Evaluación de parámetros técnicos fundamentales para el diseño de la banda.

1	2	3	4	5	6	7
Construcción de la Banda	Tensión lb/plg	Soporte de Carga Q lb/plg	Capacidad de impacto lb	Acanalamiento	Diam. Mínimo poleas	Costo por metro
11,5 cm 2 capas 220	220	70	60	18	16-14-12	15

Realizado por: Erick Encalada, 2017.

Fuente: Parámetros técnicos de diseño de la banda.

En base a la tabla anterior, la mejor recomendación será: Longlife PVC vulcanizada 2 capas, de ancho 11,5 cm con espesor de 2 mm. Cumpliendo adecuadamente con todos los datos técnicos del diseño.

2.2.3 Selección del rodamiento

Para calcular las cargas en los rodamientos, deben determinarse primero las fuerzas que actúan en el eje que es soportado por dichos rodamientos. Las cargas que actúan en el eje y las partes

relacionadas al mismo, incluyen el peso muerto de los componentes, la carga generada cuando la máquina ejecuta su trabajo y cargas producidas por la transmisión de potencia.

2.2.3.1 Carga debido a cadenas y correas

Las cargas tangenciales en ruedas dentadas o en poleas, cuando transfieren potencia por medio de cadenas o de correas, pueden ser calculadas según la ecuación del catálogo NTN. Catálogo Ntn para Fuerzas Axiales y Radiales (NTN-SNR ROULEMENTS, n.d., p. 21).

Fuerza tangencial eje

$$K_t = \frac{19.1(10^6)H}{Dp.n} [N] \quad (12)$$

$$K_t = \frac{19.1(10^6)0,06KW}{19,9 \text{ mm} \times 5,2 \text{ rpm}}$$

$$K_t = 11074,4N = 11,07 \text{ KN}$$

Fuerza tangencial rodillo

$$K_t = \frac{19.1(10^6)H}{Dp.n} [N] \quad (13)$$

$$K_t = \frac{19.1(10^6)0,06KW}{500 \text{ mm} \times 5,2 \text{ rpm}}$$

$$K_t = 440,76 \text{ N} = 0,44 \text{ KN}$$

Fuerza radial polea

En transmisiones con correas, una tensión inicial es aplicada para crear una tensión de trabajo constante. Tomando la misma en consideración, las cargas radiales que actúan sobre la polea se pueden determinar por la ecuación.

$$K_r = f_b * K_t [N] \quad (14)$$

$$K_r = 1,5 * 11,07KW$$

$$K_r = 16,6 \text{ KW}$$

CALCULO DE FUERZAS

En base a los siguientes datos se efectúan los respectivos cálculos de fuerzas:

Tabla 8-2: Datos de FUERZA

DATOS:	VALOR
Diámetro eje:	20 mm
Motor trifásico	n 1= 5.2 rpm
	E = 0.9
	KS =0.826 KM
	Ka = 0,901 KM
	Kt = 0.44 KM
Potencia del motor	0.08 Hp
Diámetro de la polea mayor	127 mm
Diámetro de la polea motriz	50.8 mm

Realizado por: Erick Encalada, 2017.

Cálculo de la potencia transmitida a través de un coeficiente de rendimiento del motor.

$$P_{trans} = E (Pot. Motor) \quad (15)$$

$$P_{trans} = 0.9 (0,06 kW)$$

$$P_{trans} = 3,6 KW = 3600W$$

Conociendo la potencia de transmisión y el número de revoluciones del eje transmitido, se haya el torque que se genera en el eje.

$$T = \frac{P_{trans}}{n_{EJE}} = \frac{60 w/s}{0,55 rad} = 100 \quad (16)$$

$$T = 109 Nm \text{ momento del eje}$$

$$N_{eje} = 5,2 \frac{rev}{min} \frac{2\pi rad}{1 rev} \frac{1min}{60s}$$

$$N_{eje} = 0,55 \frac{rad}{s}$$

A continuación, calculamos la fuerza que se genera en el rodillo:

$$TB = TA$$

$$KR (\text{radio rodillo}) = FT * \text{radio de polea}$$

$$KR = \frac{1,71 KN * (0,0635)m}{0,025 m} = 4,34 KN$$

Se halla la fuerza resultante para mover las poleas.

Donde:

- KR: Fuerza radial del rodillo
- FT: Fuerza tangencial polea

- F: Fuerza resultante

$$T = F * r$$

$$T = (F1 - F2) * r \text{ polea}$$

$$(109 \text{ Nm}) / (0,0635 \text{ m}) = 1,5 F2 - F2$$

$$1716 \text{ N} = 0,5 F2$$

$$F2 = 3432 \text{ N} = 3,43 \text{ K}$$

$$F = F1 - F2 \quad F1 = 1,5 F2$$

$$F = 5,14 - 3,43 \quad F1 = 1,5 * 3,43$$

$$F = 1,71 \text{ KN} \quad F1 = 5,14 \text{ KN}$$

2.2.3.2 Cálculo de fuerzas en el eje motriz

En el plano XY se calculan las fuerzas que se aplican sobre estos planos cartesianos:

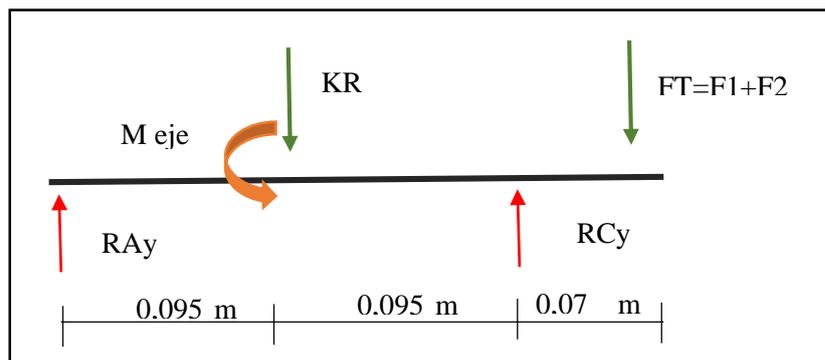


Figura 1-2: Plano XY de la fuerza en el eje motriz.

Realizado por: Erick Encalada. 2017

$$\sum MA = 0$$

$$-KR (0.095) + M \text{ eje} + RCY (0.19) - (F1+F2) (0.26) = 0$$

$$-4.34(0.095) + 0.109 + RCy (0.19) - 2,23 \text{ Kmm} = 0$$

$$RCy = 9 \text{ KN}$$

$$\sum Fy$$

$$RAy - KR + Rcy - (F1 + F2) = 0$$

$$RAy = 3,91 \text{ KN}$$

En el plano XZ se calculan las fuerzas que se aplican sobre estos planos cartesianos:

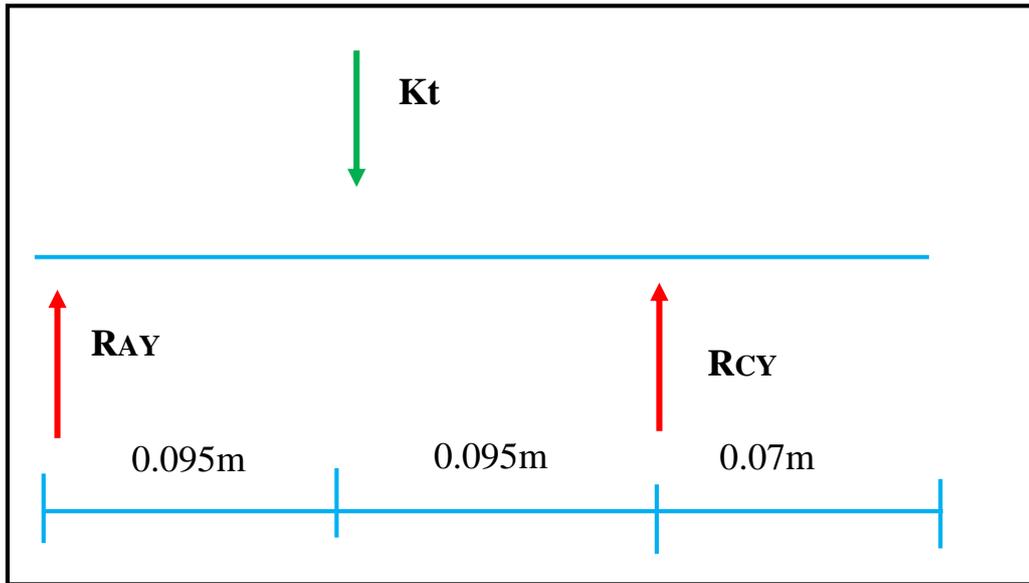


Figura 2-2: Plano XZ de la fuerza en el eje motriz.

Realizado por: Erick Encalada. 2017

Donde $Kt = Kt \text{ rodillo} + Kt \text{ eje} + Kt \text{ banda}$

$$Kt = 0.44 + 11.07 + 0,14$$

$$\sum Mc = 0$$

$$Kt (0.095) - RAY (0.19) = 0$$

$$RAY = 5.8 \text{ KN}$$

$$\sum FY = 0$$

$$RAY - Kt + RCY = 0$$

$$RCY = 5.8 \text{ KN}$$

FUERZAS RESULTANTES

Se halla la fuerza radial ya que no existe fuerza axial:

$$\left. \begin{aligned} RCy &= \sqrt{3,91^2 + 5.8^2} = 7 \text{ KN} \\ RAY &= \sqrt{9^2 + 5.8^2} = 10.7 \text{ KN} \end{aligned} \right\} \text{ RADIAL}$$

2.2.3.3 Calculo de fuerzas en el eje eslabón

En el plano XY se calculan las fuerzas que se aplican sobre estos planos cartesianos:

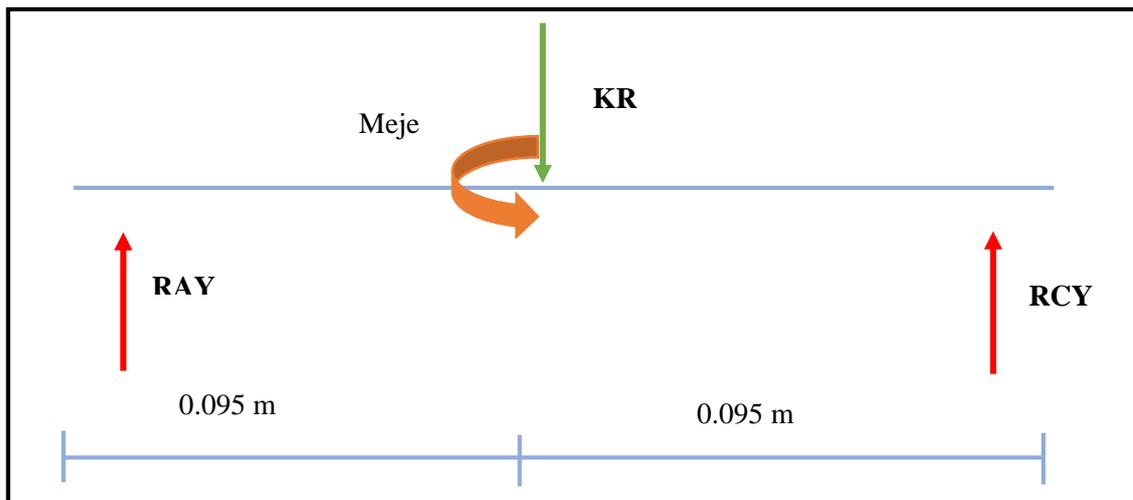


Figura 3-2: Plano XY de la fuerza en el eje eslabón.

Realizado por: Erick Encalada, 2017

Es decir se realiza un análisis estático:

$$\sum MA = 0$$

$$\begin{aligned}
 -KR (0.095) + M_{\text{eje}} + RCY (0.19) &= 0 \\
 -4.34(0.095) + 0.109 + RCy (0.19) &= 0 \\
 RCy &= 1.6 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje y:

$$\sum Fy$$

$$\begin{aligned}
 RAy - KR + Rcy - (F1 + F2) &= 0 \\
 RAy &= 2.75 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

En el plano XZ se calculan las fuerzas que se aplican sobre estos planos cartesianos:

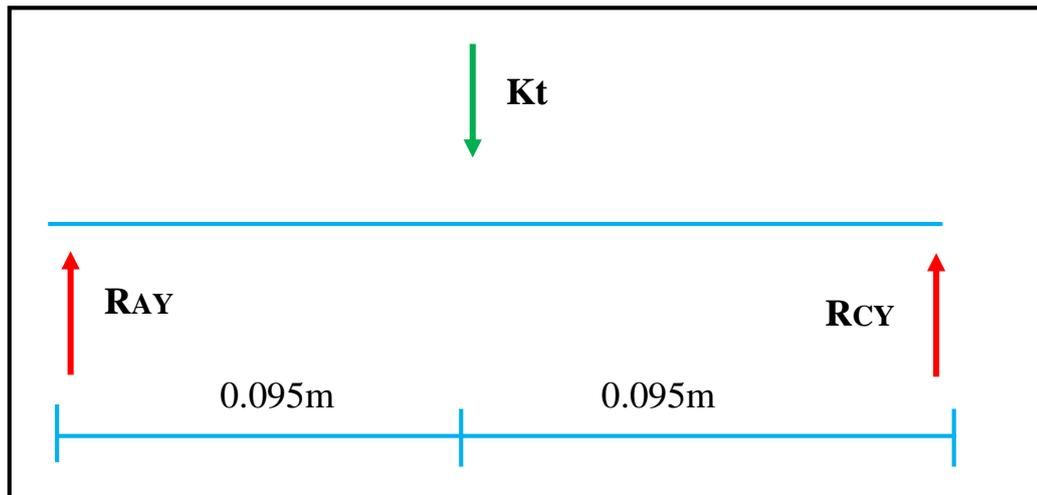


Figura 4-2: Plano XZ de la fuerza en el eje eslabón.

Realizado por: Erick Encalada. 2017

Donde $Kt = Kt \text{ rodillo} + Kt \text{ eje} + Kt \text{ banda}$

$$Kt = 0.44 + 11.07 + 0,14$$

$$Kt = 11.65 \text{ KN}$$

Es decir se realiza un análisis estático:

$$\sum Mc = 0$$

$$Kt (0.095) - RAY (0.19) = 0$$

$$RAY = 5.8 \text{ KN}$$

Sumatoria de fuerzas en el eje y:

$$\sum FY = 0$$

$$RAY - Kt + RCY = 0$$

$$RCY = 5.8 \text{ KN}$$

FUERZAS RESULTANTES

$$RCy = \sqrt{2,75^2 + 5.8^2} = 6.4 \text{ KN}$$

$$RAY = \sqrt{1.6^2 + 5.8^2} = 6 \text{ KN}$$

} RADIAL

2.2.3.4 Selección rodamiento eje motriz

Selección de rodamiento rígido de bolas ``C``

Según se calculó anteriormente existe una fuerza radial que afecta al punto de apoyo C, del eje.

$$Fr = 10.7KN$$

Se busca seleccionar un rodamiento que cumpla con un tiempo de vida útil de 6000 horas. De acuerdo al catálogo FAG WL 41 520/3 SB, pág. 34, que se encuentra ubicada en el Anexo 6. Obtenemos los siguientes datos:

Datos:

✓ Para $n = 5.2 \text{ rpm}$ obtengo un $fn = 1.49$

✓ Para 6000 h obtengo $fl = 2,29$

Según el catalogo FAG, en la pág. 81, se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo al diámetro del eje. Se seleccionó el Rodamiento FAG 6304.

Donde:

$C = \text{carga dinámica}$

$Co = \text{carga estática}$

$$C = 16 \text{ KN}$$

$$Co = 7.8 \text{ KN}$$

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa$$

$$fo = 12.4$$

$$e = \frac{fo * Fa}{Co}$$

Cuando $e = 0 ; 0 \geq 0$

Entonces: $X = 1 ; Y = 0$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (3,55) + 0 * (0)$$

$$P = 10.7 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn}$$

$$C = \frac{2,29 * (10.7)}{1.49} = 16 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$Po = Fr$$

$$Po = 10.7 \text{ KN}$$

Con ayuda del factor de seguridad que está en el anexo.

$$Co = fs * Po$$

$$Co = 0.8 * 10.7$$

$$Co = 8.56 \text{ KN}$$

Este rodamiento si cumple tanto en la carga dinámica, como estática. Comprobamos si cumple este rodamiento con las horas de trabajo exigido.

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$

$$fl = \frac{16 * 1.49}{10.7} = 2.29$$

fl de 2,29 nos da un vida util de 6000 horas

Selección de rodamiento rígido de bolas ``A``

Según se calculó anteriormente existe una fuerza radial que afecta al punto de apoyo C, del eje.

$$Fr = 10.7 \text{ KN}$$

Se busca seleccionar un rodamiento que cumpla con un tiempo de vida útil de 6000 horas. De acuerdo al catálogo FAG WL 41 520/3 SB, pág. 34, que se encuentra ubicada en el Anexo 6. Obtenemos los siguientes datos:

✓ Para $n = 5.2 \text{ rpm}$ obtengo un $fn = 1.49$

✓ Para 6000 h obtengo $fl = 2,29$

Según el catalogo FAG, en la pág. 81, se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo al diámetro del eje. Se seleccionó el Rodamiento FAG 6304.

Donde:

$C = \text{carga dinámica}$

$Co = \text{carga estática}$

$$C = 16 \text{ KN}$$

$$Co = 7.8 \text{ KN}$$

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente fórmula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa$$

$$fo = 12.4$$

$$e = \frac{fo * Fa}{Co}$$

Cuando $e = 0 ; 0 \geq 0$

Entonces: $X = 1 ; Y = 0$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (3,55) + 0 * (0)$$

$$P = 10.7 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn}$$

$$C = \frac{2,29 * (7)}{1.49} = 10.75 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente fórmula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$Po = Fr$$

$$Po = 10.7 \text{ KN}$$

Con ayuda del factor de seguridad que está en el anexo.

$$Co = fs * Po$$

$$Co = 0.8 * 7 ; Co = 5.6 \text{ KN}$$

Este rodamiento si cumple tanto en la carga dinámica, como estática. Comprobamos si cumple este rodamiento con las horas de trabajo exigido.

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$

$$fl = \frac{16 * 1.49}{10.7} = 3,4$$

fl de 3.4 nos da un vida util de 20000 horas

2.2.3.5 Selección rodamiento eje eslabón

Selección de rodamiento rígido de bolas ``C``

Según se calculó anteriormente existe una fuerza radial que afecta al punto de apoyo C, del eje.

$$Fr = 6 \text{ KN}$$

Se busca seleccionar un rodamiento que cumpla con un tiempo de vida útil de 6000 horas. De acuerdo al catálogo FAG WL 41 520/3 SB, pág. 34, que se encuentra ubicada en el Anexo 6. Obtenemos los siguientes datos:

- ✓ Para $n = 5.2 \text{ rpm}$ obtengo un $fn = 1.49$
- ✓ Para 6000 h obtengo $fl = 2,29$

Según el catalogo FAG, en la pág. 81, se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo al diámetro del eje. Se seleccionó el Rodamiento FAG 6304.

Donde:

$C = \text{carga dinámica}$

$Co = \text{carga estática}$

$$C = 16 \text{ KN}$$

$$Co = 7.8 \text{ KN}$$

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa$$

$$fo = 12.4$$

$$e = \frac{fo * Fa}{Co}$$

Cuando $e = 0 ; 0 \geq 0$

Entonces: $X = 1 ; Y = 0$

$$X = 1 ; Y = 0$$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (3,55) + 0 * (0)$$

$$P = 6 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn}$$

$$C = \frac{2,29 * (6)}{1.49} = 9.22 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$P_o = Fr$$

$$P_o = 6 \text{ KN}$$

Con ayuda del factor de seguridad que está en el anexo.

$$C_o = f_s * P_o$$

$$C_o = 0.8 * 6$$

$$C_o = 5.4 \text{ KN}$$

Este rodamiento si cumple tanto en la carga dinámica, como estática. Comprobamos si cumple este rodamiento con las horas de trabajo exigido.

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$

$$fl = \frac{16 * 1.49}{6} = 3,9$$

fl de 3.9 nos da un vida util de 30000 horas

Selección de rodamiento rígido de bolas ``A``

Según se calculó anteriormente existe una fuerza radial que afecta al punto de apoyo C, del eje.

$$Fr = 6.4 \text{ KN}$$

Se busca seleccionar un rodamiento que cumpla con un tiempo de vida útil de 6000 horas. De acuerdo al catálogo FAG WL 41 520/3 SB, pág. 34, que se encuentra ubicada en el Anexo 6.

Obtenemos los siguientes datos:

- ✓ Para $n = 5.2 \text{ rpm}$ obtengo un $fn = 1.49$
- ✓ Para 6000 h obtengo $fl = 2,29$

Según el catalogo FAG, en la pág. 81, se selecciona el tipo de rodamiento de acuerdo al diámetro del eje. Se seleccionó el Rodamiento FAG 6304.

Donde:

$C = \text{carga dinámica}$

$C_o = \text{carga estática}$

$$C = 16 \text{ KN}$$

$$C_o = 7.8 \text{ KN}$$

Para la carga dinámica se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$P = X * Fr + Y * Fa$$

$$fo = 12.4$$

$$e = \frac{fo * Fa}{Co}$$

Cuando $e = 0 ; 0 \geq 0$

Entonces: $X = 1 ; Y = 0$

$$X = 1 ; Y = 0$$

$$P = 1 * Fr + 0 * Fa$$

$$P = 1 * (3,55) + 0 * (0)$$

$$P = 6.4 \text{ KN}$$

$$C = \frac{fl * P}{fn}$$

$$C = \frac{2,29 * (6.4)}{1.49} = 9.83 \text{ KN}$$

Para la carga estática se calcula a través de la siguiente formula de aplicación:

$$\frac{Fa}{Fr} \leq 0,8$$

$$0 \leq 0,8$$

$$Po = Fr$$

$$Po = 6.4 \text{ KN}$$

Con ayuda del factor de seguridad que está en el anexo.

$$Co = fs * Po$$

$$Co = 0.8 * 6.4$$

$$Co = 5.12 \text{ KN}$$

Este rodamiento si cumple tanto en la carga dinámica, como estática. Comprobamos si cumple este rodamiento con las horas de trabajo exigido.

$$fl = \frac{C * fn}{P}$$

$$fl = \frac{16 * 1.49}{6.4} = 3,7$$

fl de 3.7 nos da un vida util de 26000 horas

2.2 Diseño del modelo prototipo

En esta etapa se tomaron en cuenta todos los elementos seleccionados con el objetivo de diseñar el modelo prototipo cumpliendo con el sistema de elementos de máquinas que mejor se adaptó al requerimiento de cada línea de producción.

2.2.1 Diseño de la banda transportadora

Para el diseño de la banda se tuvo en cuenta los siguientes factores:

- ✓ Ancho de cinta transportadora: 11,5 cm
- ✓ Largo de la cinta transportadora: 140 cm
- ✓ Diámetro del rodillo: 5 cm
- ✓ Diámetro de los ejes de transmisión: 20 mm
- ✓ Eje motriz tiene 27 cm de longitud
- ✓ Eje eslabón tiene 20 cm de longitud
- ✓ Dos poleas de transmisión
- ✓ Motor de 60 W, corriente directa.
- ✓ Ancho x alto x largo=22 cm x 15 cm x 80 cm

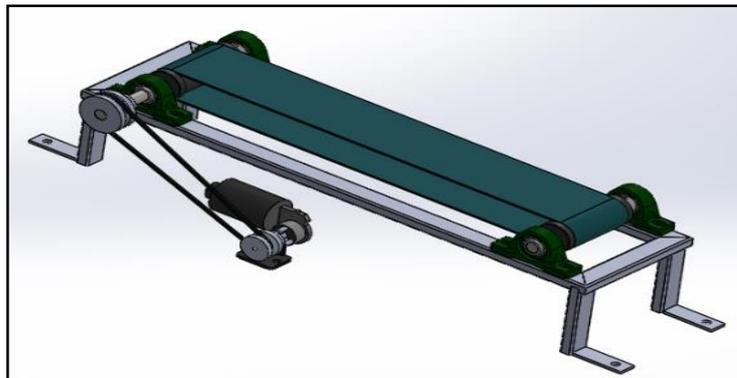


Figura 5-2: Diseño banda transportadora

Realizado por: Erick Encalada, 2018

2.2.2 Diseño de la estructura del prototipo

En función del tamaño de las 4 bandas se dimensiona una mesa a base de estructura metálica que sirva como soporte para los elementos mecánicos y electrónicos que se aplica para el diseño prototipo. Cumpliendo con los siguientes factores:

- ✓ *Ancho x alto x largo = 122 cm x 80 cm x 175 cm*

✓ *Tubo cuadrado*

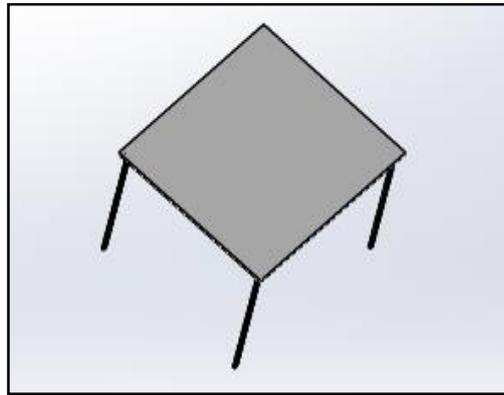


Figura 6-2: Diseño mesa estructural

Realizado por: Erick Encalada, 2018

2.2.3 Análisis de la estructura

Para el análisis estructural se realizó el análisis estático a través del software SolidWorks que permite realizar la simulación de cargas de acuerdo con el tipo de material y el límite cargas que soporta la estructura.

2.2.3.1 Análisis estático estructura banda

Se seleccionó el tipo de material con el cual se construyó las estructuras de las bandas.

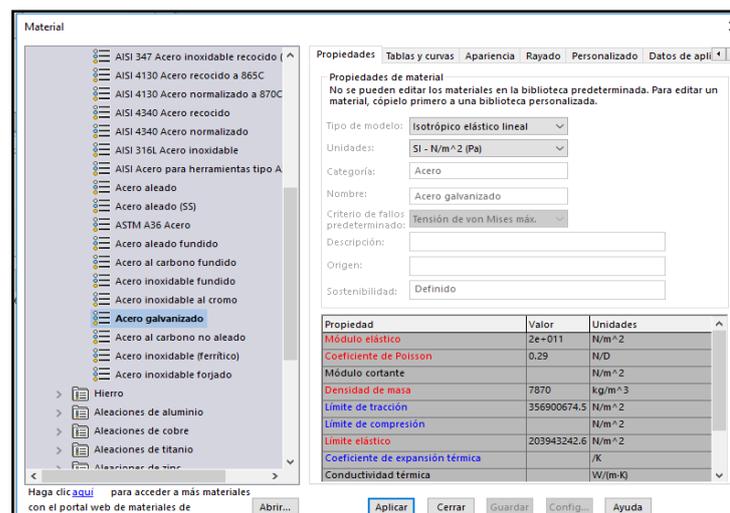


Figura 7-2: Selección material de construcción estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Se seleccionó las cargas que soporta la estructura con un valor máximo de diseño de 100 N

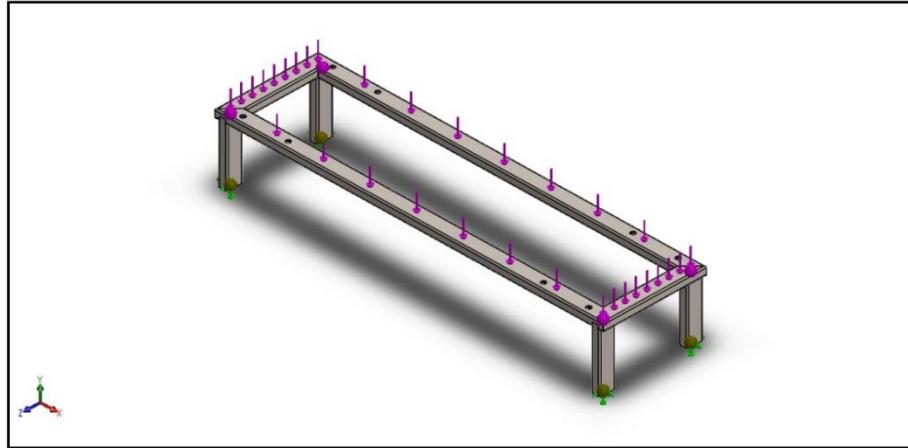


Figura 8-2: Aplicación fuerza estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Para el análisis estático se calculó el valor máximo de seguridad a partir de los datos de la siguiente figura:

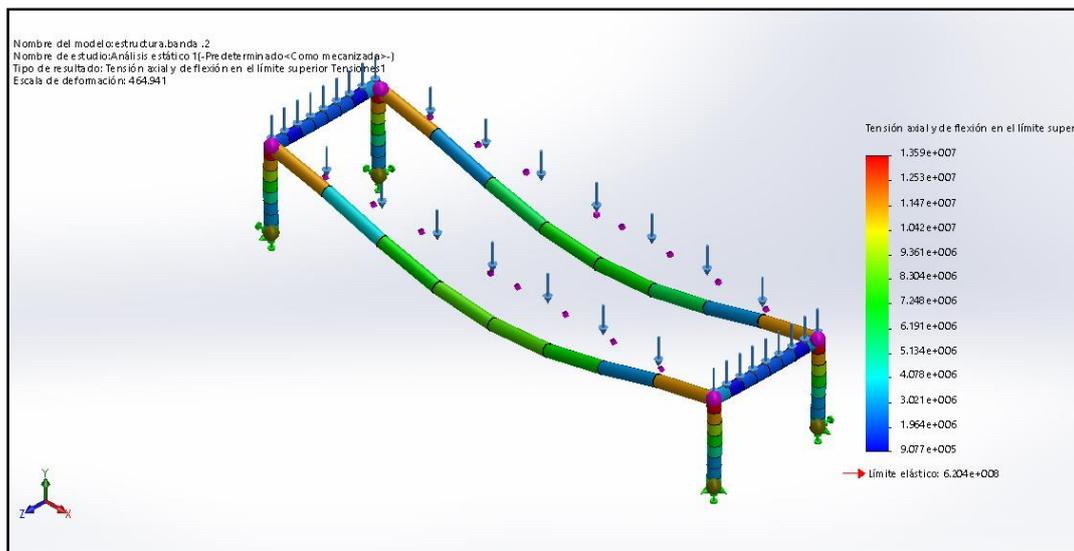


Figura 9-2: Límite de tensiones máximas de la estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Se aplicó la fórmula del factor de seguridad:

$$F_s = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}}$$

$$F_s = \frac{6.2}{1.35} = 4.6$$

Se calculó con el análisis estático el valor del desplazamiento para la estructura de la banda, que se muestra en la siguiente figura.

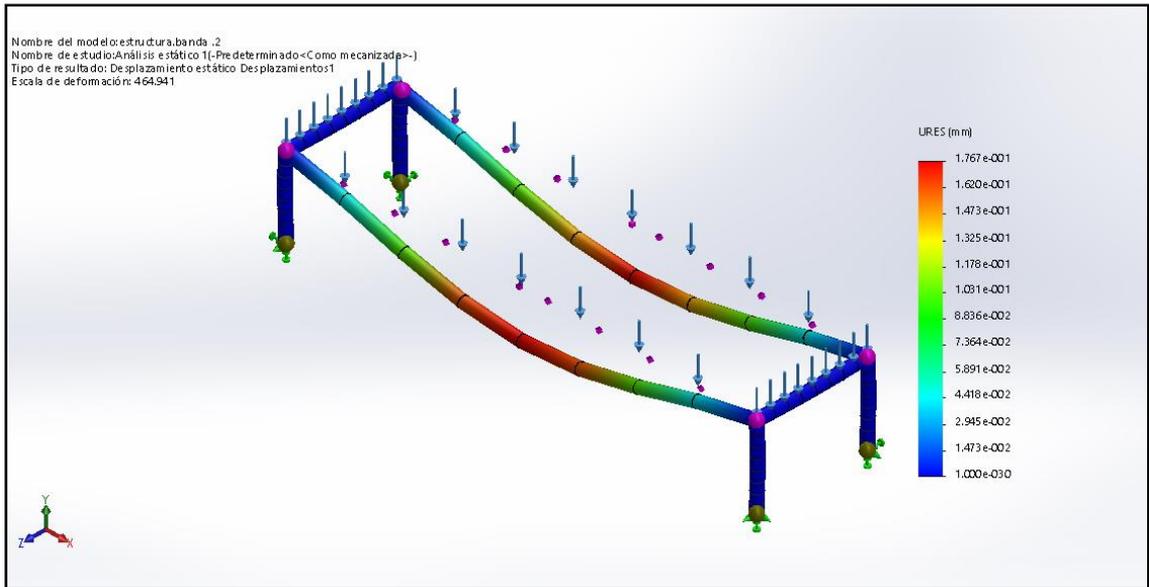


Figura 10-2: Límite de desplazamiento de la estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

2.2.3.2 Análisis de la estructura mesa

Se seleccionó el tipo de material con el cual se construyó la estructura de la mesa.

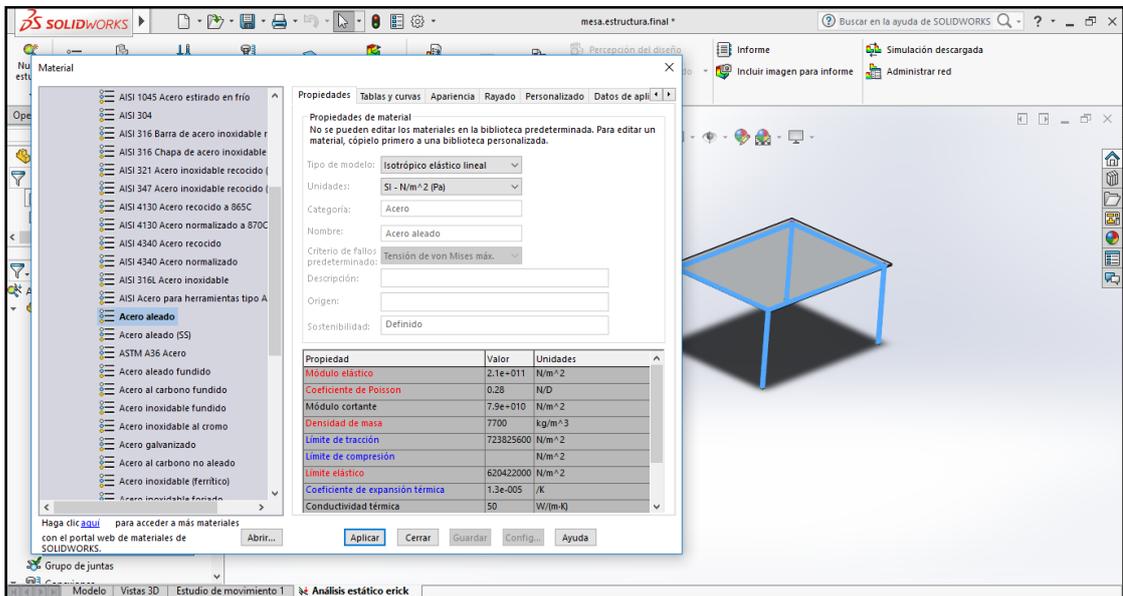


Figura 11-2: Selección material de construcción estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Se seleccionó el tipo de material con el cual se construyó el tablero de la mesa

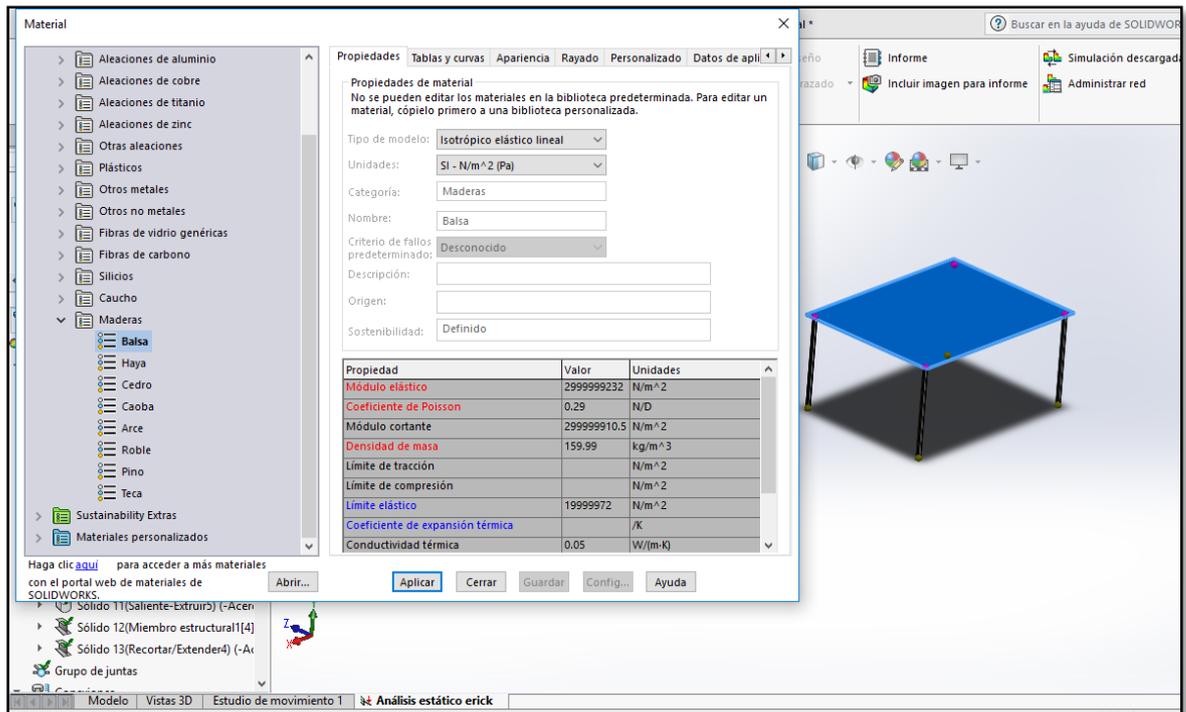


Figura 12-2: Selección del tablero de la mesa

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Se seleccionó las cargas que soporta la estructura con un valor máximo de diseño de 400 N.

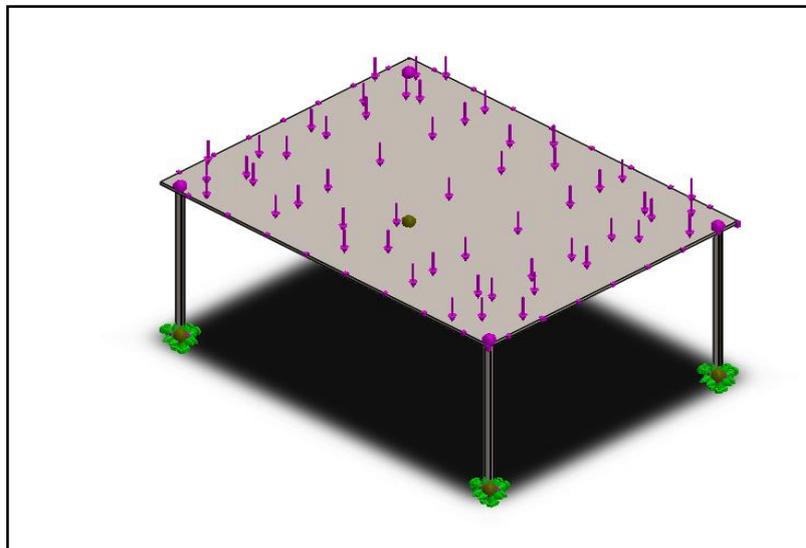


Figura 13-2: Aplicación fuerza estructura de la mesa

Realizado por: Erick Encalada, 2017

Para el análisis estático se calculó el valor máximo de seguridad a partir de los datos de la siguiente figura:

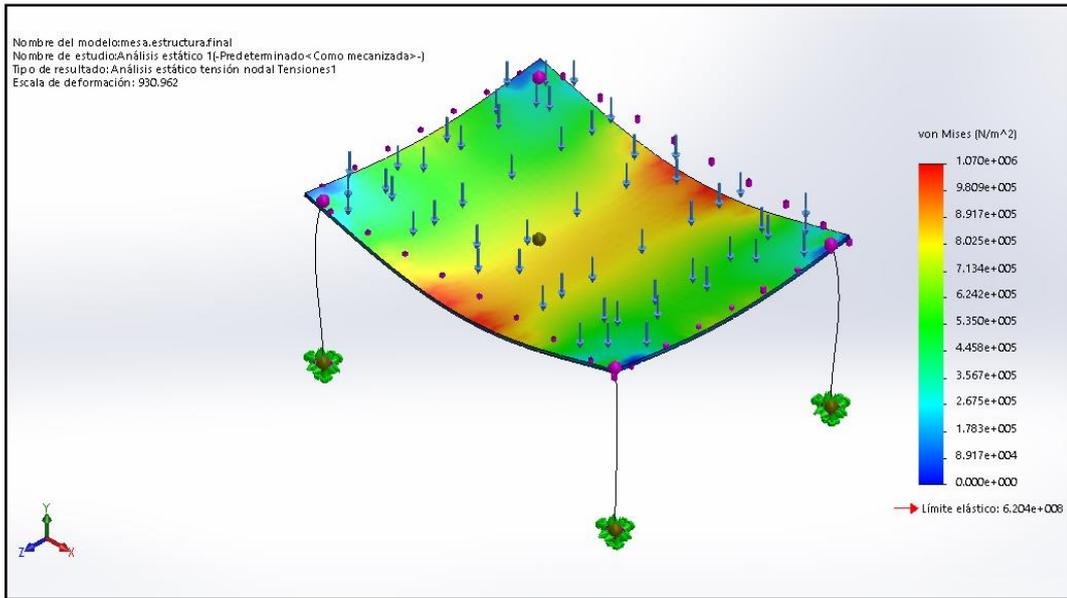


Figura 14-2: Límite de tensiones máximas de la estructura de la mesa

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Se aplicó la fórmula del factor de seguridad:

$$F_s = \frac{\sigma_e}{\sigma_{max}} \qquad F_s = \frac{6.2}{1.1} = 5.3$$

Se calculó con el análisis estático el valor del desplazamiento para la estructura de la banda, que se muestra en la siguiente figura.

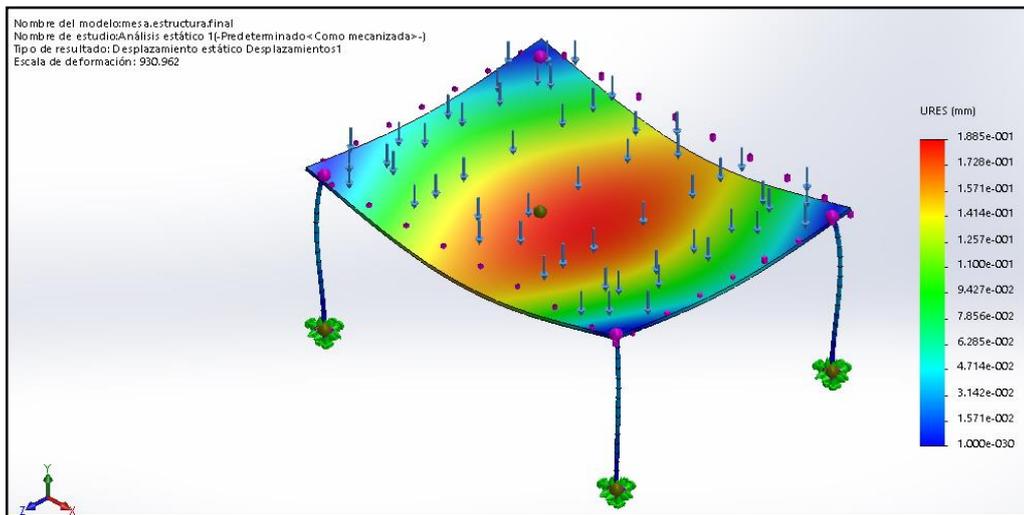


Figura 15-2: Límite de desplazamiento de la estructura de la banda

Realizado por: Erick Encalada, 2018

2.2.3.3 Construcción del modelo prototipo

Para el diseño del prototipo se tuvo en cuenta que se requieren cuatro líneas de producción. Donde cada línea de producción simula un proceso de producción diferente. En función de esto se realizó el diseño del modelo prototipo de cuatro líneas de producción con discriminación sensorial en productos terminados.

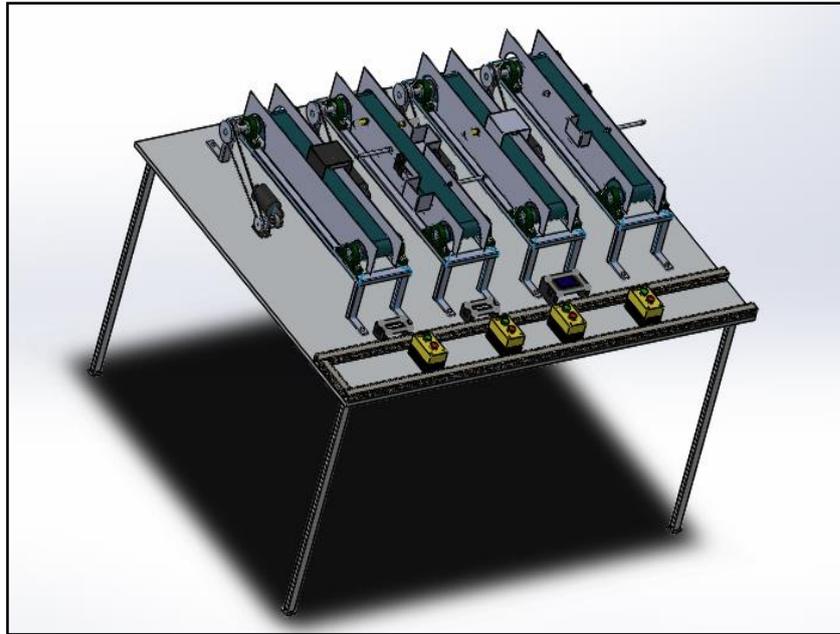


Figura 16-2: Prototipo de cuatro líneas de producción

Realizado por: Erick Encalada, 2018

2.3 Diseño del sistema de monitoreo

2.3.1 Selección de equipamiento

Para la implementación de la WSN en el modelo prototipo se procedió a comparar y seleccionar el equipamiento que se encarga de la comunicación inalámbrica con el fin de obtener las mejores prestaciones para el diseño de la solución.

2.3.1.1 Arduino XBee Shield

El escudo Xbee permite que una tarjeta Arduino se comunique de forma inalámbrica con Zigbee. Se basa en el módulo XBee de MaxStream. El módulo puede comunicarse hasta 100 pies en interiores o 300 pies al aire libre (con línea de vista). Se puede utilizar como un reemplazo serial / usb o puede ponerlo en un modo de comando y configurarlo para una variedad de opciones de red de difusión y malla.

Los escudos rompen cada uno de los pernos del Xbee a un cojín de la soldadura a través del agujero. También proporciona cabezales de clavija hembra para el uso de las clavijas digitales 2 a 7 y las entradas analógicas, que están cubiertas por el blindaje (las clavijas digitales 8 a 13 no están obstruidas por el blindaje, por lo que puede utilizar las cabeceras de la placa).

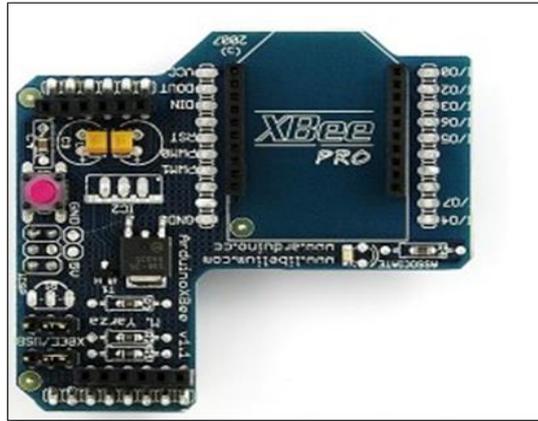


Figura 17-2: Escudo Xbee

Fuente: (arduino.cc, s.f.)

El escudo Xbee fue creado en colaboración con Libelium, que lo desarrolló para su uso en sus motas SquidBee, utilizadas para crear redes de sensores (arduino.cc, s.f.).

2.3.1.2 Xbee Explorer Dongle

Esta tarjeta es muy sencilla de usar, unidad base de serial a USB (USB/Serie) para la línea de Xbee. Con esta versión puedes conectar tu Xbee explorer directo al PC sin necesidad de usar cables. Esta unidad funciona con todos los módulos Xbee incluyendo la Serie 1 y Serie 2.5, la versión estándar y Pro (tdrobotica.co, tdrobotica.co).

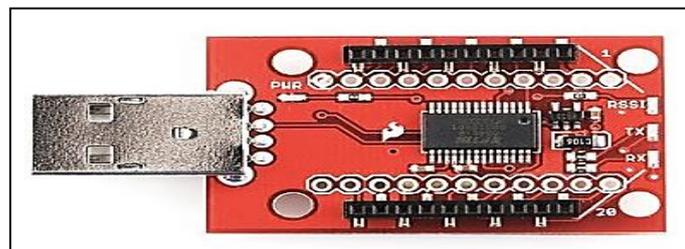


Figura 18-2: Unidad base de serial a USB de Xbee

Fuente: (tdrobotica.co, tdrobotica.co)

Características

- ✓ Conexión USB directo sin necesidad de cables
- ✓ Permite configurar y programar los módulos XBee
- ✓ Compatible con XBee Serie 1, Serie 2.5, Estándar y Pro
- ✓ Led's de estado para encendido de la tarjeta y estado de la comunicación serial (TX y RX)

(trobotica.co, trobotica.co)

2.3.1.3 Módulos XBee

Los módulos Xbee son pequeños chip, creados para comunicarse entre sí de forma inalámbrica. Usan la comunicación serial para mantenerse comunicados además de no hacer uso de cables, siendo esto una enorme ventaja en comparación a otros equipos. Usan la tecnología ZigBee, que es de bajo costo y pocos recursos energéticos. De acuerdo con sus características técnicas se clasifican en diferentes series. A continuación, se muestra una tabla comparativa de los modelos diferentes modelos existentes en el mercado:

Tabla 9-2: Comparaciones de los módulos XBee

Tipos de Xbee	Conexión	Tecnología	Consumo energético	Voltaje alimentación	Software	Alcance
S1	Punto a punto	ZigBee	Bajo	3.3 V	No necesario	60
S2	Punto a punto	ZigBee	Bajo	3.3 V	XCTU	60-1200 m
S2 pro	Punto a punto	ZigBee	Bajo	3.3 V	XCTU	90-3200 m

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Modulos XBee

2.3.2 Selección de la topología de Red

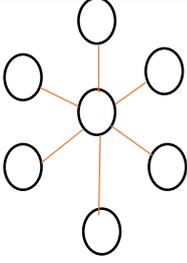
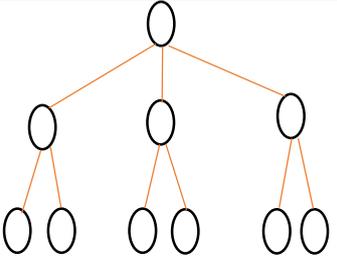
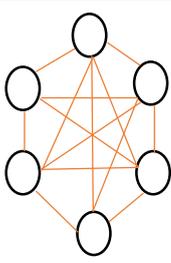
La topología de red son las diferentes estructuras que pueden crearse para la intercomunicación de las redes de transmisión de datos. Se refiere a la disposición de los diferentes componentes de una red o la forma en la cual están interconectados físicamente los nodos.

En el cual se consideraron como factores importantes lo siguientes:

- Número de máquinas a interconectar
- Infraestructura física donde se implementa la red
- Facilidad de instalación y reconfiguración de la red
- Facilidad para detectar fallas

Para la implementación de la WSN (Red de sensores inalámbricos) se procedió a comparar las diferentes topologías de red que existen para estructurar y organizar la recepción de información. De una manera más eficaz y eficiente que es el objetivo clave del sistema de monitoreo de producción. A continuación, se muestra una tabla de algunas de las topologías de red que se consideró importantes para la selección de la idónea para el modelo prototipo.

Tabla 10-2: Topología de red.

Interconexión estrella	Interconexión árbol	Interconexión total
		
<p>Cuando cada nodo se conecta al central encargado del control del proceso. En donde el nodo central adquiere una mayor importancia debido a que controla toda la comunicación.</p>	<p>Esta topología estructura la comunicación desde todos los nodos que a su vez se encuentran conectados a nodos que reciben la comunicación. Basando en una comunicación jerárquica hasta llegar a un nodo que recibe que toda la comunicación.</p>	<p>La interconexión es total cuando todos los elementos o dispositivos están conectados entre sí unos con otros, existiendo siempre un enlace punto a punto para su intercomunicación.</p>

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Topologías de red.

2.3.3 Diseño de la red

El diseño de la red está hecho para que los usuarios puedan recibir la información de cada uno de los procesos, donde a través de una interfaz gráfica el usuario visualiza los datos, sin necesidad de recurrir a más de un operario para el control de cuatro líneas de producción ya que la información está centralizada. Para esto se utilizó el software XCTU de Digi.



Figura 19-2: XCTU

Fuente: Programa XCTU

2.3.1 Configuración de la red

Para configurar la red se debe configurar los XBee S2 con el programa XCTU.

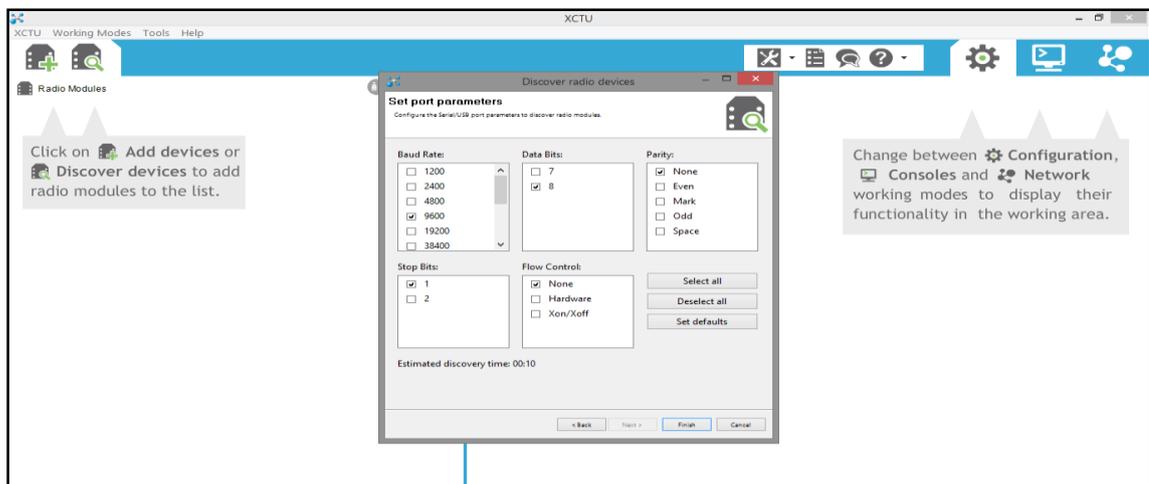


Figura 20-2: Configuración XBee

Fuente: Programa XCTU

Una vez detectado el módulo o los módulos XBee S2, se selecciona para abrir las configuraciones principales del XBee.

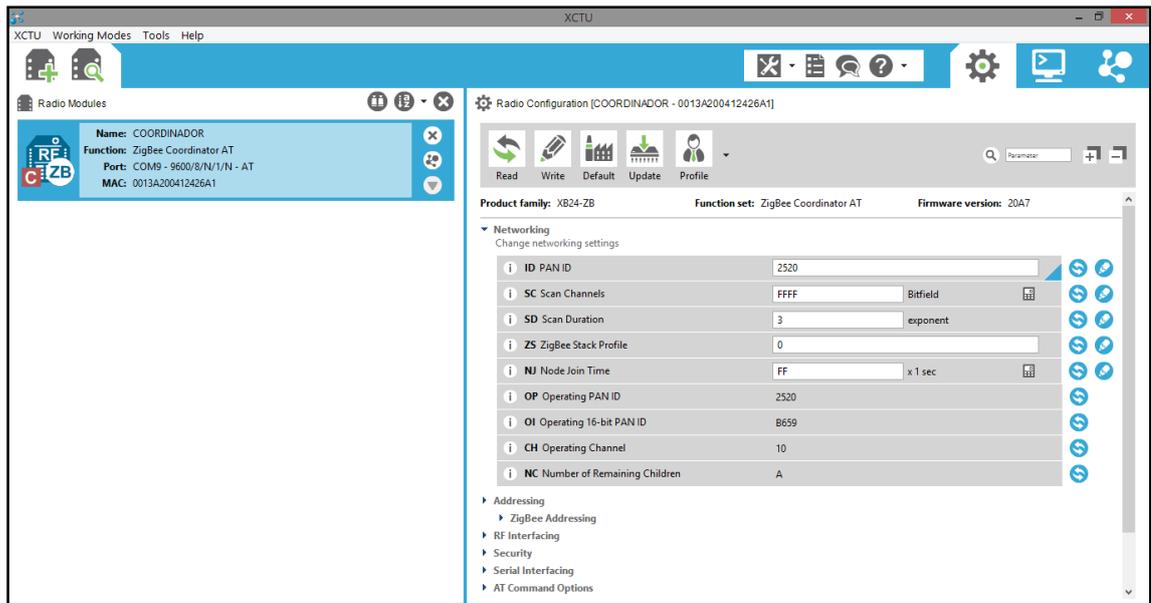


Figura 21-2: Selección de la configuración principal del XBee

Fuente: Programa XCTU

Para la conexión punto a multipunto, se realiza la siguiente configuración de los módulos XBee S2. Cada uno de los XBee que representa una línea de producción funciona como router que envían la comunicación al coordinador que hace de nodo central o maestro. En el cual todos tienen la misma PAN ID, para su intercomunicación.

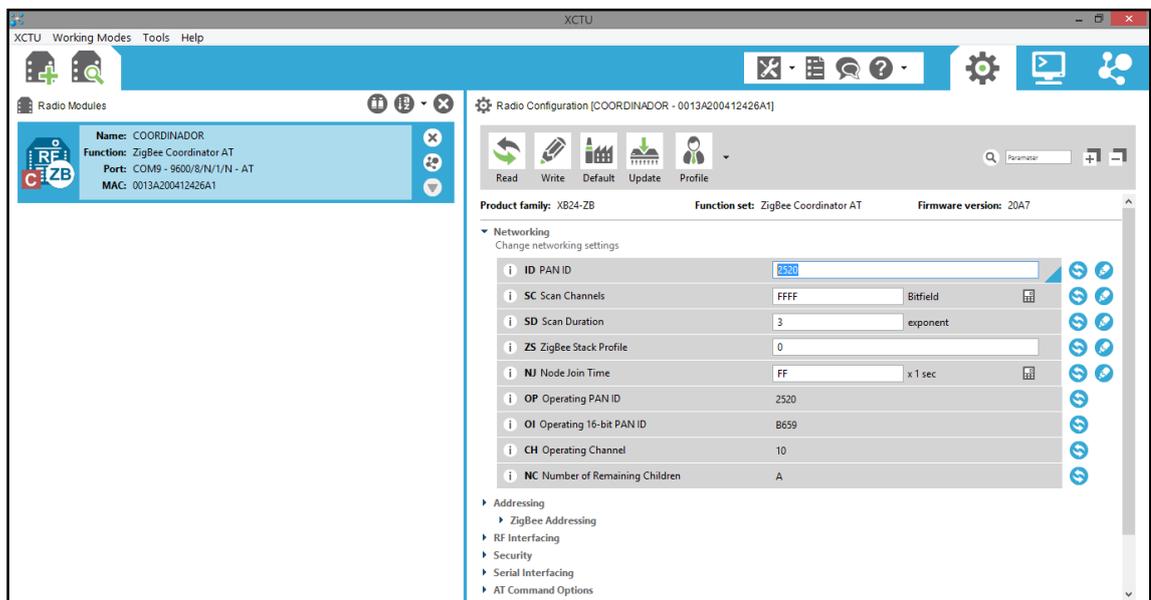


Figura 22-2: Comunicación al coordinador del PANID

Fuente: Programa XCTU

Una vez configurado estos parámetros se comprueba la intercomunicación entre ellos y está preparado el diseño de la red.

2.4 Diseño del sistema de control

El diseño del sistema control se basa en hacer las configuraciones, especificaciones e identificación de los parámetros claves de cada una de las líneas de producción del modelo prototipo, con el objetivo de satisfacer la solución del problema.

Se tendrá en cuenta los procesos que se desarrollan dentro de las líneas de producción, para la configuración del sistema de control:

1. En primer paso es ver qué elementos o dispositivos intervienen como sensores, actuadores, elementos mecánicos, entre otros.
2. En segundo paso es identificar un controlador que permita tener bajo control todo el proceso.
3. Por último, es ajustar las modificaciones al sistema.

En esta sección se presentan los componentes que forman parte del diseño de la solución, con la descripción de sus características técnicas. Para todas las líneas de producción del prototipo se utilizó algo en común que es un microcontrolador Arduino Mega 2560 que se encarga del control en cada uno de los procesos y el XBee S2 que trasmite y recibe la información.

2.4.1 Selectora de materiales metálicos

La línea 1 del modelo prototipo, controla el proceso de selección de material metálico en productos terminados a través de una banda, motor de transmisión, sensor inductivo, un sistema de clasificación activado por una electroválvula monoestable y un cilindro de doble efecto, un dispositivo de control con ayuda de un microcontrolador Arduino mega y un dispositivo de comunicación inalámbrica XBee serie 2.

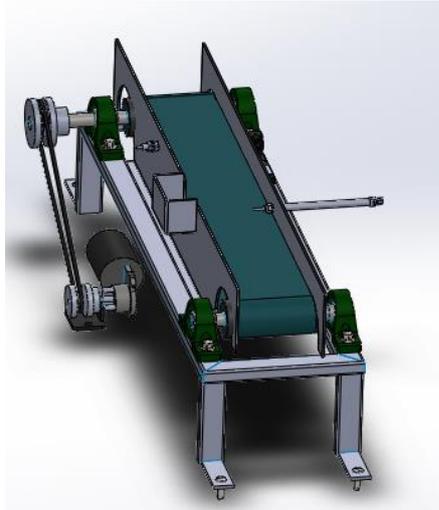


Figura 23-2: Selectora de metales

Fuente: Autor

A continuación, se presenta el diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales metálicos., donde se incluyeron todos los elementos antes mencionados.

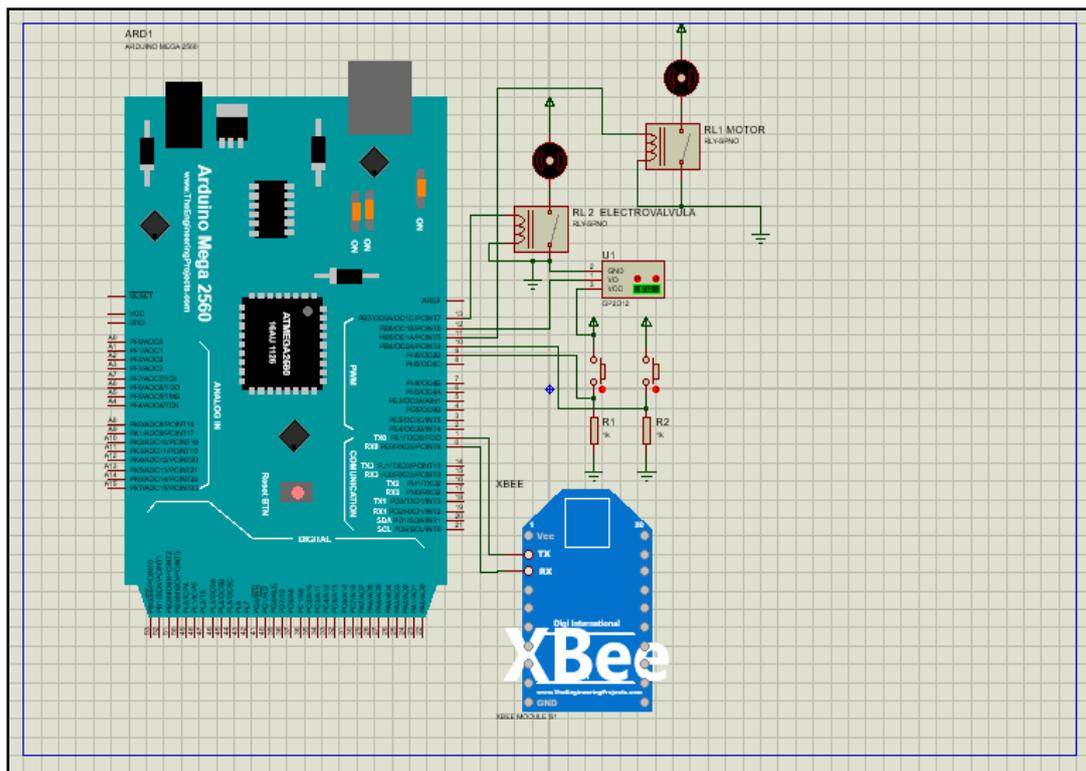


Figura 24-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de metales

Fuente: Autor

En donde el diagrama eléctrico/electrónico de la parte de control, se presenta en la siguiente figura:

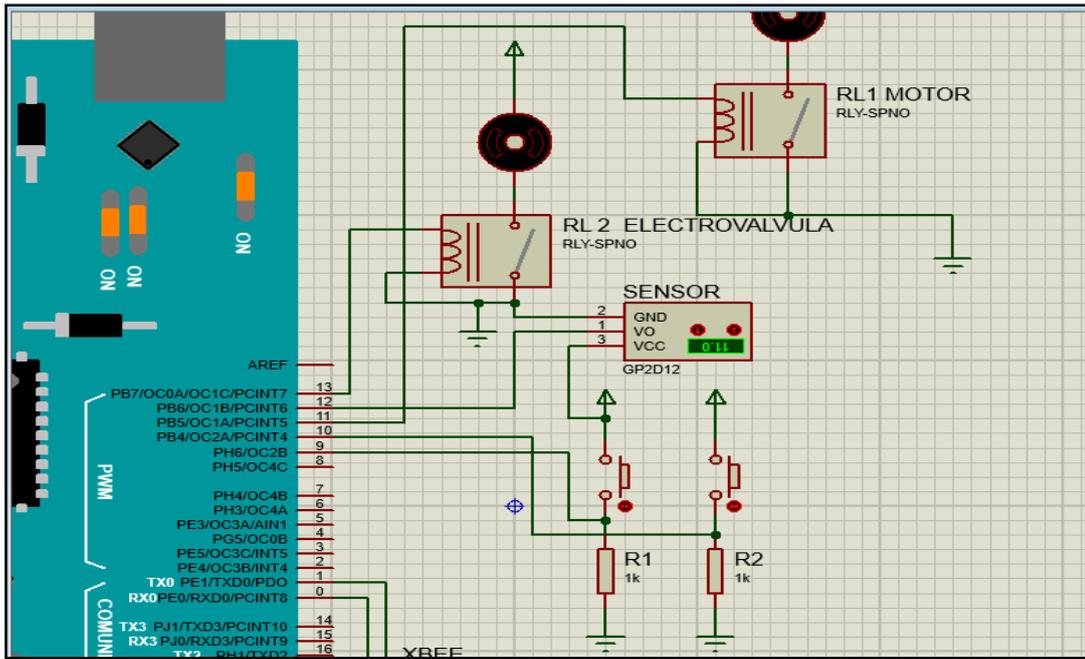


Figura 25-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora de metales

Fuente: Autor

Para el módulo XBee se tuvo el siguiente diagrama eléctrico electrónico:

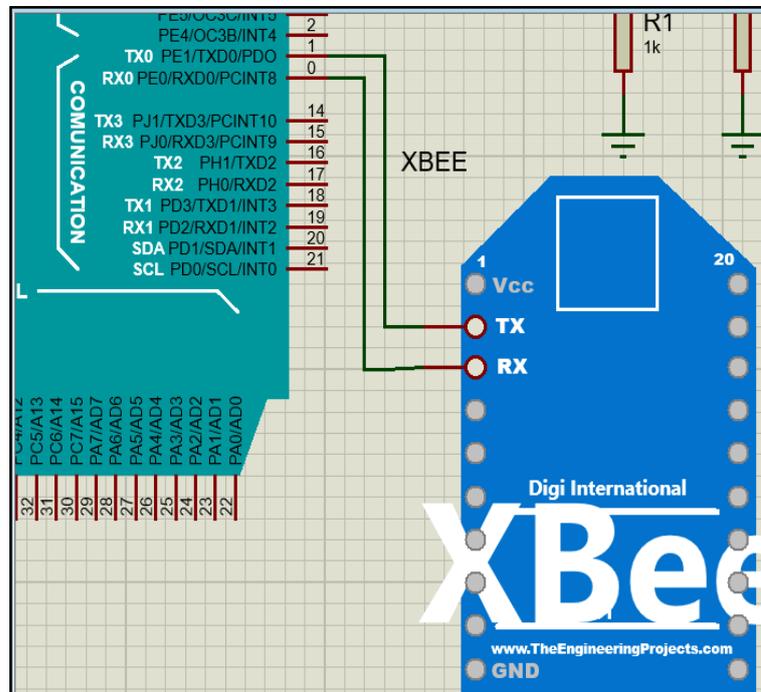


Figura 26-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de metales

Fuente: Autor

2.4.2 Selectora de materiales de colores

La línea 2 del modelo prototipo, controla el proceso de selección de materiales de colores en productos terminados a través de una banda, motor de transmisión, sensor infrarrojo de presencia, un dispositivo de control con ayuda de un microcontrolador Arduino mega y un dispositivo de comunicación inalámbrica XBee serie 2.

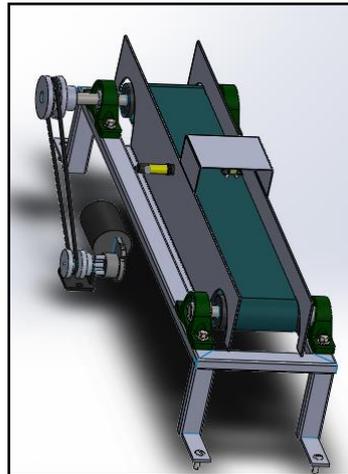


Figura 23-2: Selectora de colores

Fuente: Autor

A continuación, se presenta el diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales de colores., donde se incluyeron todos los elementos antes mencionados.

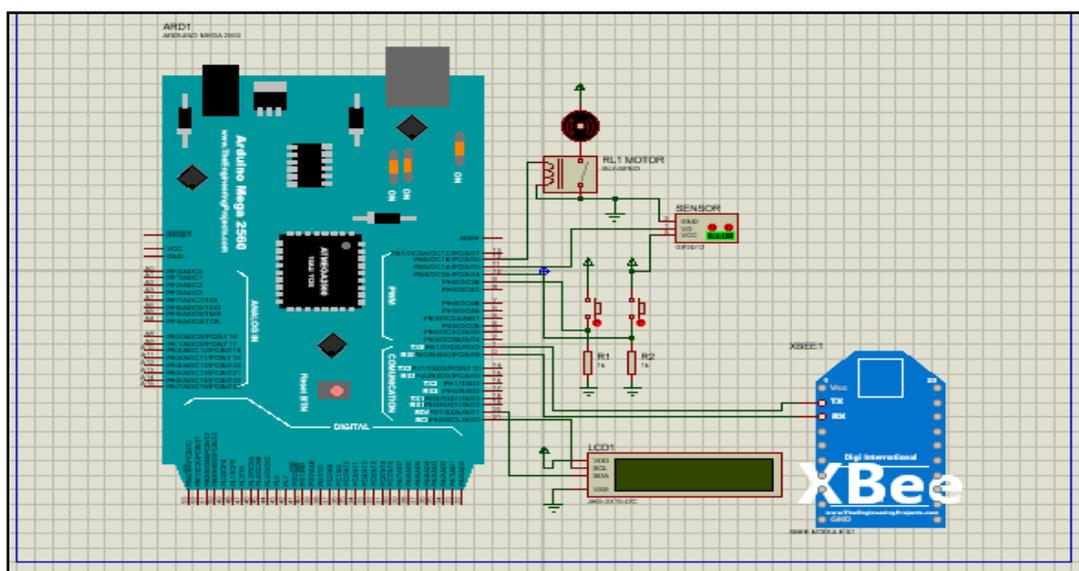


Figura 27-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales de colores

Fuente: Autor

En donde el diagrama eléctrico/electrónico de la parte de control, se presenta en la siguiente figura:

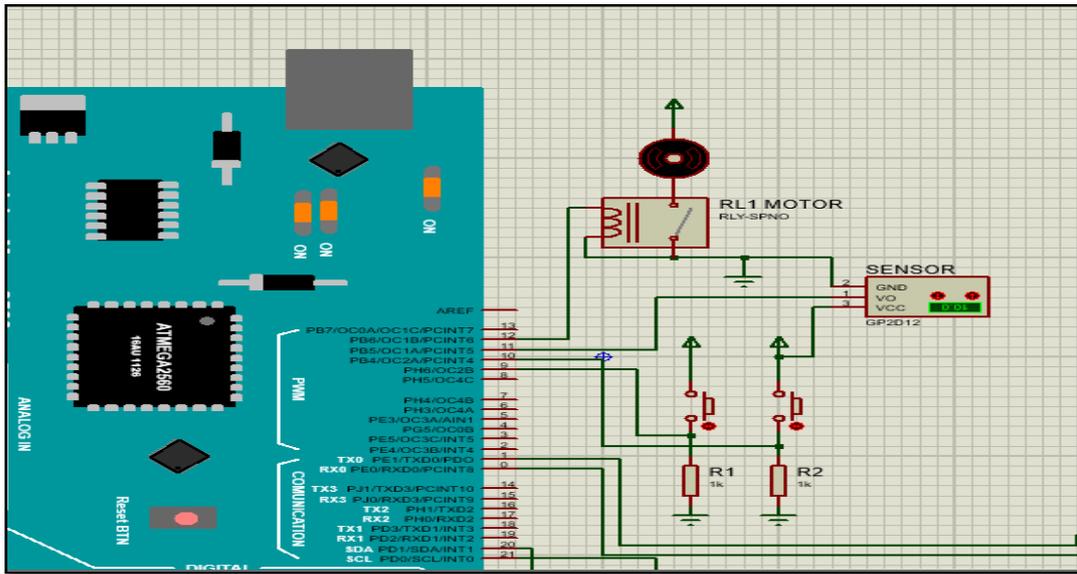


Figura 28-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora de colores
Fuente: Autor

Para el módulo XBee se tuvo el siguiente diagrama eléctrico electrónico:

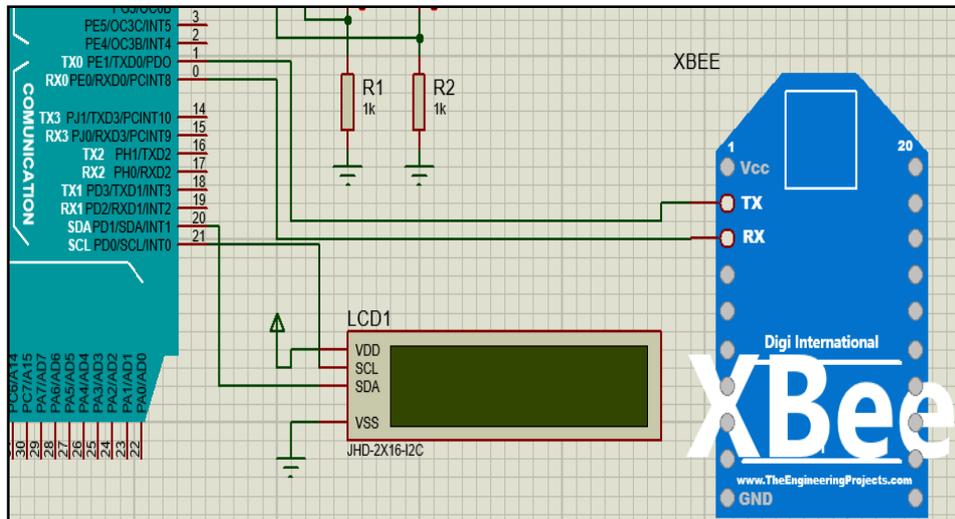


Figura 29-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de colores
Fuente: Autor

2.4.3 Selectora de materiales por tamaños

La línea 3 del modelo prototipo, controla el proceso de selección de materiales por tamaños en productos terminados a través de una banda, motor de transmisión, dos sensores infrarrojos de presencia, un sistema de clasificación activado por dos electroválvulas monoestables y dos

cilindros de doble efecto, un dispositivo de control con ayuda de un microcontrolador Arduino mega y un dispositivo de comunicación inalámbrica XBee serie 2.

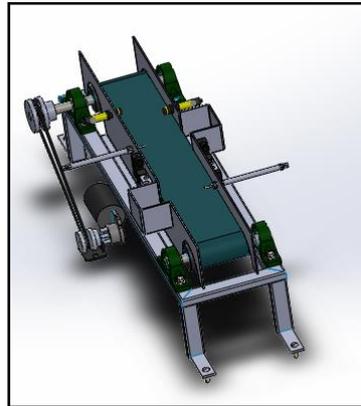


Figura 30-2: Selectora de tamaños

Fuente: Autor

A continuación, se presenta el diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños., donde se incluyeron todos los elementos antes mencionados.

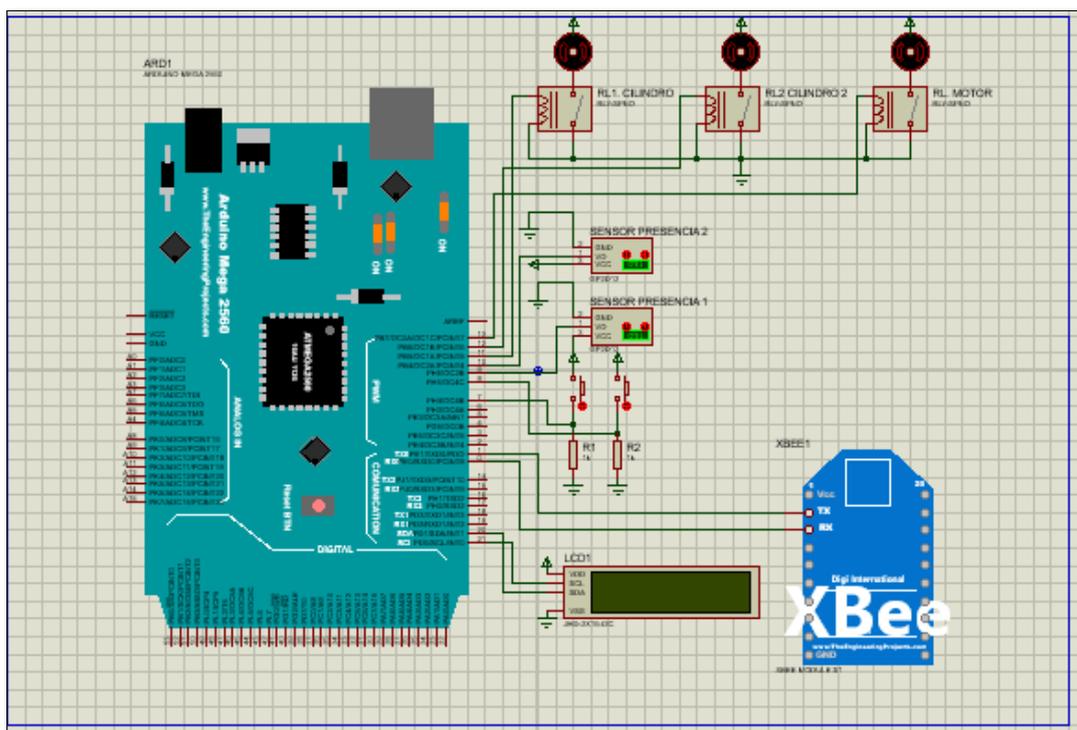


Figura 31-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños

Fuente: Autor

En donde el diagrama eléctrico/electrónico de la parte de control, se presenta en la siguiente figura:

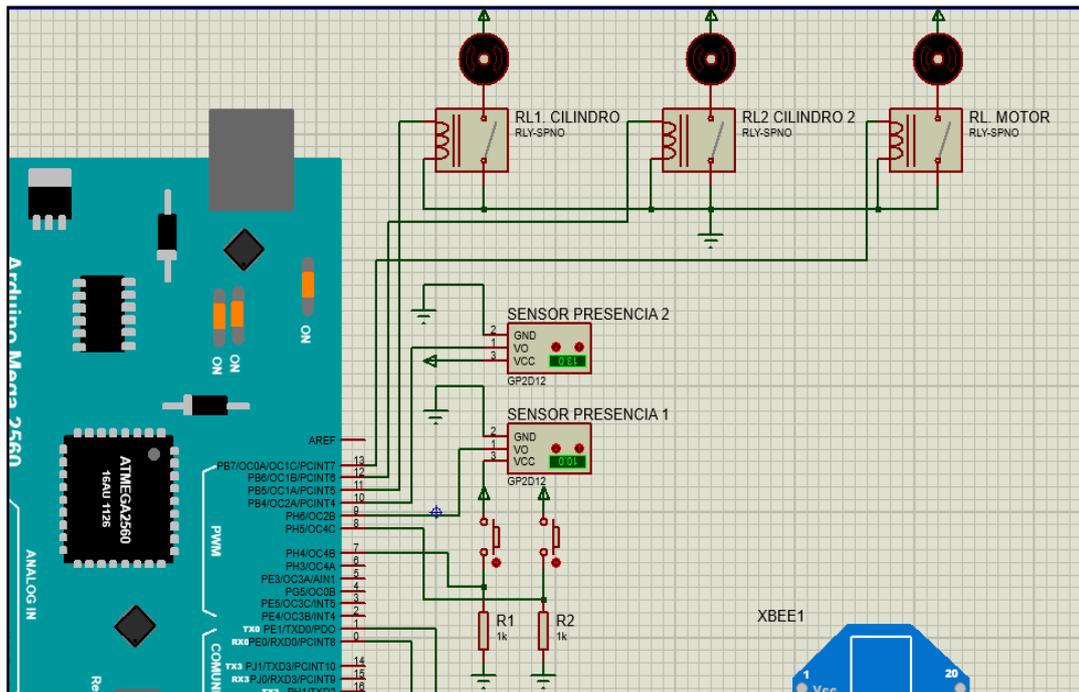


Figura 32-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora tamaños

Fuente: Autor

Para el módulo XBee se tuvo el siguiente diagrama eléctrico electrónico:

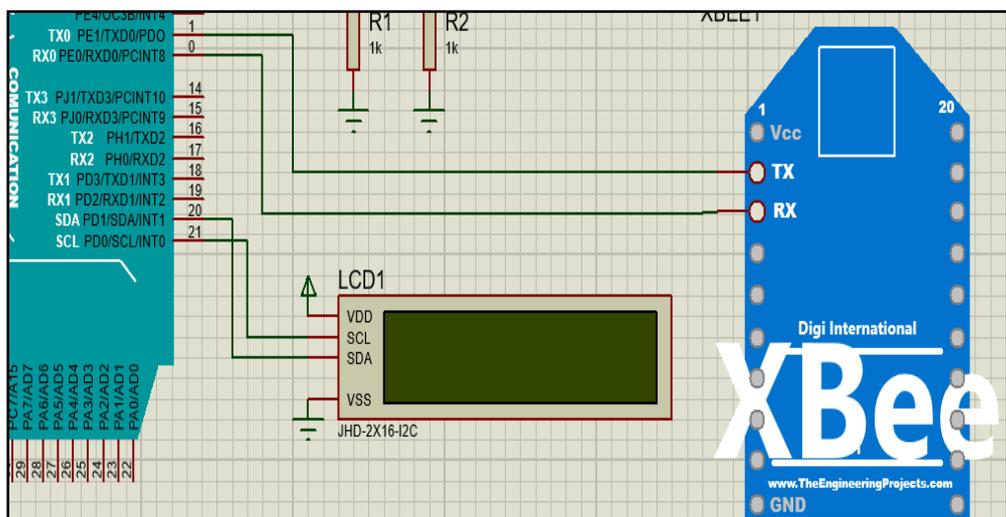


Figura 33-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de tamaños

Fuente: Autor

2.4.4 Selectora de materiales por alturas

La línea 4 del modelo prototipo, controla el proceso de selección de materiales por alturas en productos terminados a través de una banda, motor de trasmisión, un dispositivo de control con ayuda de un microcontrolador Arduino mega y un dispositivo de comunicación inalámbrica XBee serie 2.

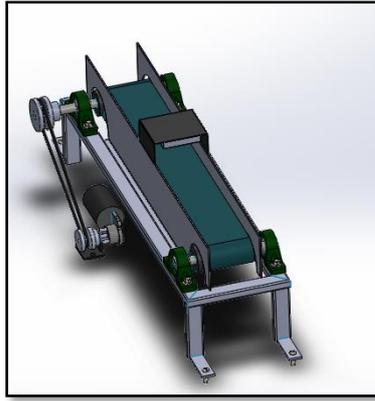


Figura 34-2: Selector de altura

Fuente: Autor

A continuación, se presenta el diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños., donde se incluyeron todos los elementos antes mencionados.

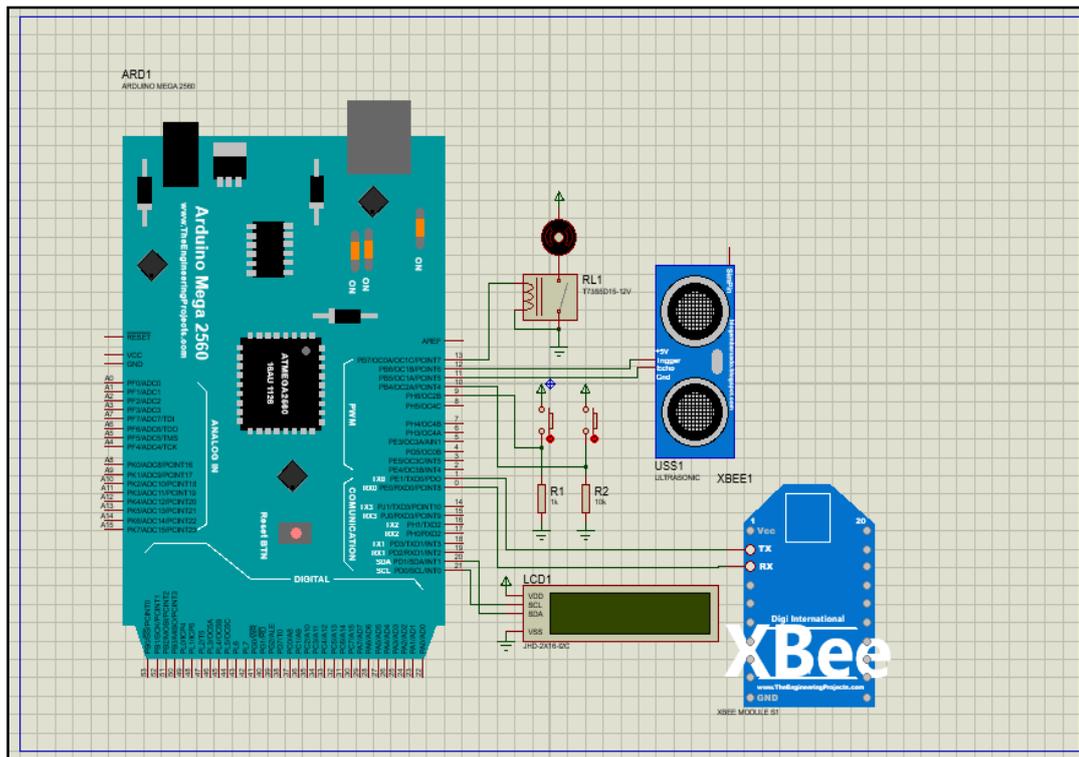


Figura 35-2: Diagrama eléctrico/electrónico de la selectora de materiales por tamaños

Fuente: Autor

En donde el diagrama eléctrico/electrónico de la parte de control, se presenta en la siguiente figura:

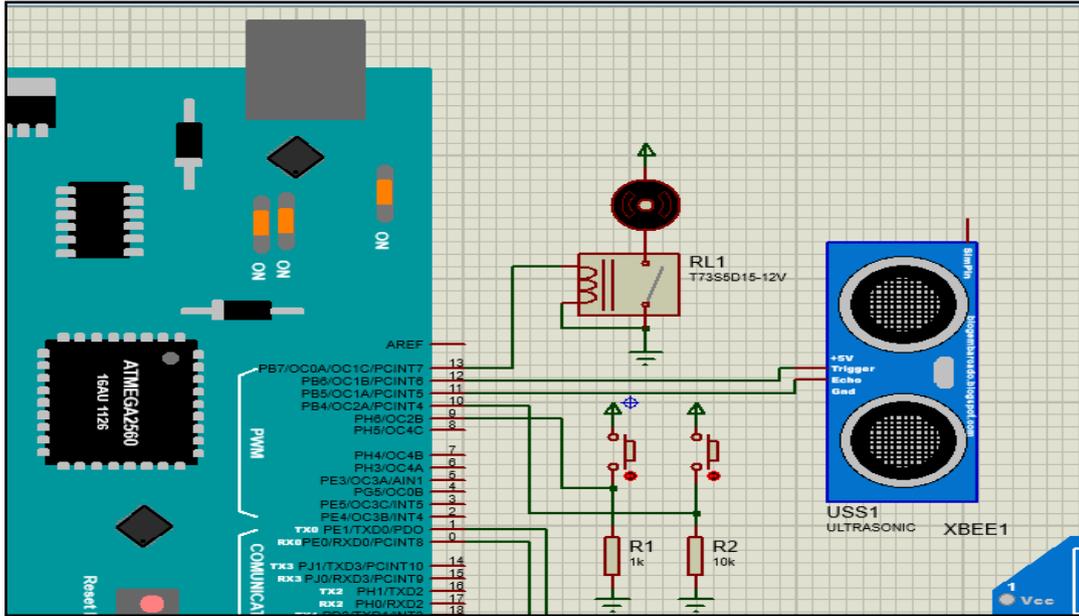


Figura 36-2: Diagrama eléctrico/electrónico de los elementos de control de selectora altas

Fuente: Autor

Para el módulo XBee se tuvo el siguiente diagrama eléctrico electrónico:

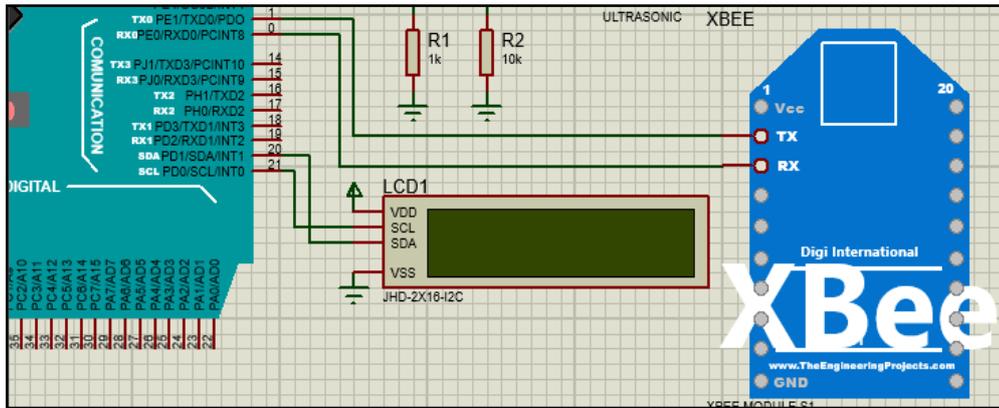


Figura 37-2: Diagrama eléctrico/electrónico del XBee de la selectora de altas

Fuente: Autor

2.4.5 Sensores/actuadores del modelo prototipo

Sensores

Los sensores son dispositivos hardware que producen una señal de respuesta medible ante un cambio en un estado físico, como puede ser temperatura, presencia o presión. Los sensores detectan o miden cambios físicos en el área o proceso que están monitorizando. La señal analógica continua detectada es digitalizada por un convertidor analógico digital y enviada para ser procesada a través de un controlador lógico programable (PLC) o un microprocesador.

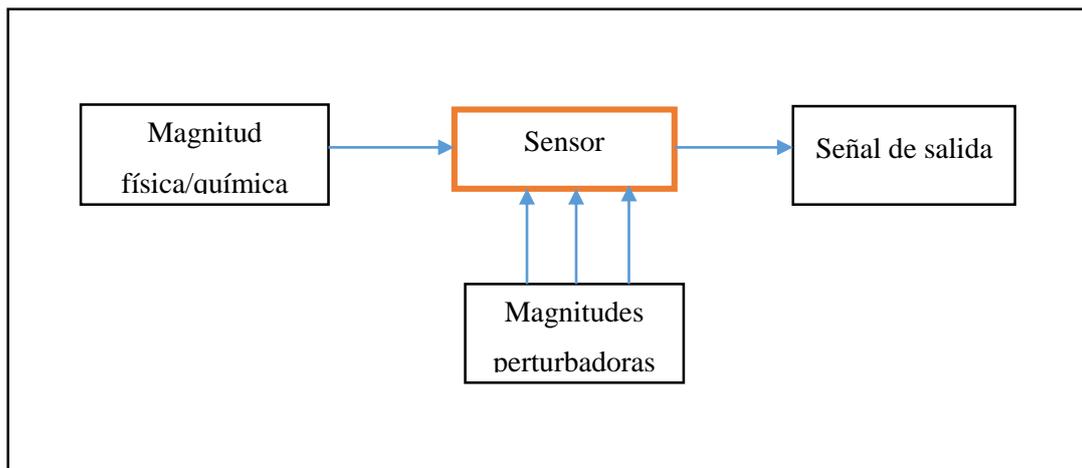


Figura 38-2: Esquema de funcionamiento del sensor

Fuente: (Fernández Martínez, et al., 2001, p. 22)

Las características y requerimientos que un sensor debe cumplir: son un pequeño tamaño, un consumo bajo de energía, operar en densidades volumétricas altas, ser autónomo y funcionar desatendidamente y tener capacidad para adaptarse al ambiente o proceso (Fernández Martínez, et al., 2001, p. 22).

Actuadores

Un ACTUADOR es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: Presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica (motor eléctrico o solenoide). Dependiendo del origen de la fuerza el actuador se denomina “neumático”, “hidráulico” o “eléctrico” (Vildósola C, s.f.).

Tipos de Actuadores

A continuación, en la siguiente tabla se da a conocer la clasificación de los actuadores dependiendo de su diseño.

Tabla 11-2: Tipos de actuadores

	Actuador Neumático	Actuador eléctrico	Actuador Hidráulico
Fuerza Generadora movimiento	Presión de aire	Energía eléctrica	Presión hidráulica
Elemento Motriz	Émbolo, Pistón o Veleta	Motor eléctrico	Émbolo, Pistón o Veleta

Tabla 11-2: Tipos de actuadores (continuación)

Fuerza de transmisión o Torque	Eje o Cremallera	Reductor	Eje
Conversión Mecánica	Yugo o piñón	No hay	Yugo o piñón

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: (Vildósola C, s.f.)

2.4.5.1 Sensor inductivo

El sensor inductivo es un tipo de sensor de proximidad que detecta conductores metálicos, cuando estos materiales metálicos interactúan con el campo electromagnético que genera el sensor para su detección. Generalmente estos sensores funcionan de 6-36 V en corriente directa (Herrera, 2009, p. 25).

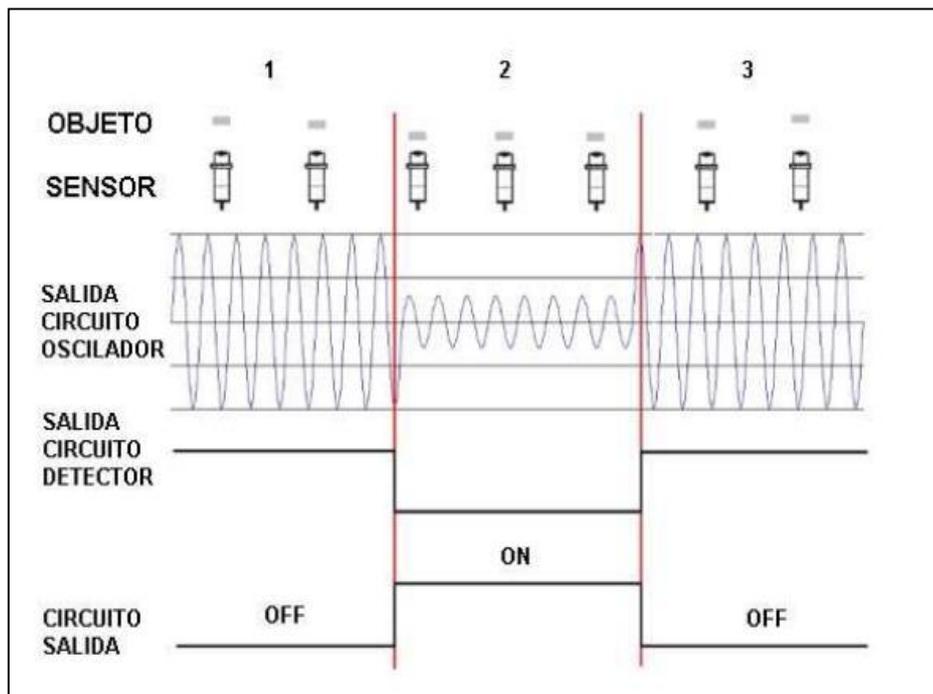


Figura 39-2: Estados del sensor inductivo

Fuente: (Herrera, 2009, p. 28)

Ventaja de los sensores inductivos

Las principales ventajas que presenta un sensor inductivo son:

- Conmutación sin desgaste
- Libre de rebotes y sin errores de impulso
- Independientes de mantenimiento

- Precisión electrónica
- Resistencia a ambientes hostiles

(Herrera, 2009, p. 30)

Tipos de sensores inductivos

Los sensores inductivos se clasifican en dos tipos de sensores en función de su señal de salida sea positiva o negativa. A continuación, se muestra una tabla comparativa, donde se exponen las principales características.

Tabla 12-2: Comparaciones sensores inductivos

Tipos	Voltaje	Nº Hilos	Señal de salida	Esquema de conexión
Sensor inductivo NPN	6 a 36 V	3	Negativo	
Sensor inductivo PNP	6 a 36 V	3	Positivo	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Sensores inductivos

2.4.5.2 Válvula

La válvula es un dispositivo que dirige y distribuye el aire comprimido a los elementos neumáticos del circuito. Y está compuesto por dos partes principales que son:

1. El solenoide: transforma la energía eléctrica en accionamiento mecánico
2. La válvula: permite el flujo neumático

(Pascuales, s.f.)

Tipos de accionamientos

Existen diferentes tipos de mando o accionamiento para el funcionamiento de las válvulas. A continuación, se describen algunos de los accionamientos más comunes.

Tabla 13-2: Funcionamiento de las válvulas

Tipo Accionamiento	Descripción
Manual	Las válvulas se activan con un pulsador cuando se requiere que el aire fluya.
Mecánico	El accionamiento se produce con alguna acción mecánica que activa la válvula al hacer contacto con algo.
Neumático	Se requiere de aire comprimido. Si entra aire, trabaja de una manera y si sale de otra.
Eléctrico	Se requiere de un circuito eléctrico. La conmutación de las válvulas se obtiene por algún dispositivo eléctrico que haya mandado esa orden.

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: (Pascuales, s.f.)

Tipos de válvulas direccionales

Las válvulas direccionales más conocidas como distribuidoras se encargan de distribuir el aire comprimido por el circuito neumático. Al tener diferente número de vías y posiciones, se crea una gran variedad en la forma de repartir el aire comprimido. (Pascuales, s.f.)

Tabla 14-2: Tipos de válvulas direccionales.

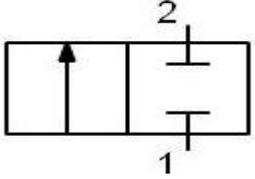
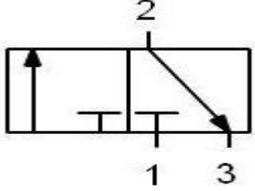
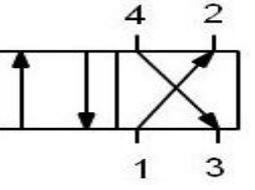
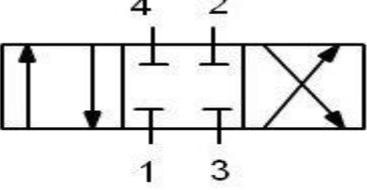
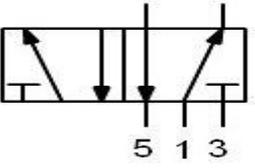
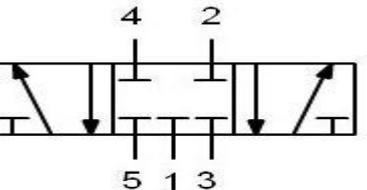
Vías-posiciones	Descripción	
Válvulas 2/2 (2 vías y 2 posiciones)	Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida.	

Tabla 14-2: Tipos de válvulas direccionales (continuación)

<p>Válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones)</p>	<p>Normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada.</p>	
<p>Válvulas 4/2 (4 vías y 2 posiciones)</p>	<p>Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición mete el aire en el pistón y con la otra lo saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire.</p>	
<p>Válvulas 4/3 (4 vías y 3 posiciones)</p>	<p>Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión.</p>	
<p>Válvulas 5/2 (5 vías y 2 posiciones)</p>	<p>Es como la 4/2, aunque en este caso tiene dos escapes, uno para cada posición. El tener dos escapes ayuda a que se pueda manejar y regular mejor la velocidad.</p>	
<p>Válvulas 5/3 (5 vías y 3 posiciones)</p>	<p>Son similares a las dos posiciones, pero tienen una posición central adicional. Según esta posición central, estas válvulas pueden ser: centro abierto, centro cerrado o centro a presión</p>	

Realizado por: Erick Encalada

Fuente: (Pascuales, s.f.)

Clasificación por posiciones estables.

Según esta clasificación las válvulas pueden ser monoestables o biestables. (jgvaldemora.org, s.f.)

- *Válvulas monoestables.* Tienen una posición de reposo estable, que permanecerá indefinidamente hasta que actué un dispositivo de mando. Cuenta con regreso por muelle cuando tiene más de una posición, pueden ser NC o NA, dependiendo de su configuración de fábrica (jgvaldemora.org, s.f.)

- *Válvulas biestables.* Tiene más de una posición de reposo biestable, que cuando una está activada requiere de otra señal que anule la posición en la que se encuentra, pueden ser NC o NA, dependiendo de su configuración de fábrica (jgvaldemora.org, s.f.)

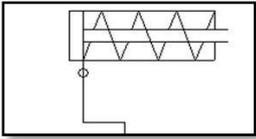
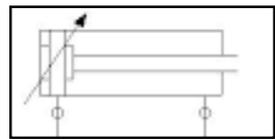
2.4.4.3 Cilindro

Un cilindro es un elemento neumático de accionamiento mecánico que funciona a través de un flujo de presión.

Tipos de los cilindros

De acuerdo con el trabajo direccional se clasifican de la siguiente manera.

Tabla 15-2: Tipos de cilindros.

Cilindro	Descripción	
Simple efecto	Son aquellos que trabajan en una sola dirección y el vástago regresa por el escape de aire por la parte posterior	
Doble efecto	Tiene fuerza activa tanto en el avance como en el retorno. Posee dos tomas de aire	

Realizado por: Erick Encalada

Fuente: (neumaticabasicaepp.wordpress, s.f.)

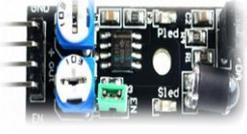
2.4.5.4 Sensor infrarrojo

Es un elemento opto electrónico que realiza mediciones a través de señales infrarrojas no visibles para el ojo humano, funciona como un emisor y receptor.

Tipos de sensores infrarrojos

En la siguiente tabla se hace una comparación de las diferentes características de algunos de los sensores infrarrojos.

Tabla 16-2(Continua): Tipos de sensores infrarrojos.

Sensor	Fuente alimentación	Resistencia Ambiente	Alcance	
E18-D80NK	5V	Alta	3-80 cm	
ky-032	1.3 - 5V	Baja	2-40 cm	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Sensores infrarrojos.

2.4.5.5 Sensor de color

Es un elemento electrónico que a través de la extracción de la luz que recibe la convierte en una señal de salida analógica o digital siendo esta directamente proporcional a la luz (Zurita & Pérez, s.f.).

Tipos de sensores de color

En la siguiente tabla se hace una comparación de las diferentes características de algunos de los sensores de color.

Tabla 17-2: Tipos de sensores de color.

Sensor	Fuente alimentación	Resistencia Ambiente	Alcance	Costo	
CROMLAVIEW® CR100	5V	Alta	3-80 cm	Alto	
TCS230	5V	Media	3-7 cm	Bajo	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Sensores de color

2.4.5.6 Sensor ultrasónico

Un sensor ultrasónico calcula la distancia utilizando un transductor que emite “paquetes” de ultrasonido que guardan dentro una serie de ondas sonoras intermitentes. El paquete se emite en forma cónica, rebota en la superficie objetivo y regresa en un transductor. El tiempo requerido por el sonido para ir y volver se mide y se convierte a unidades de distancia; este tiempo se mide en milisegundos (Vega Huerta, et al., 2010).

Tipos de sensores ultrasonido

En la siguiente tabla se hace una comparación de las diferentes características de algunos de los sensores ultrasonido

Tabla 18-2: Tipos de sensores ultrasonido

Sensor	Fuente alimentación	Resistencia Ambiente	Alcance	Costo	
4-20SC- MaxSonar- WR	110 V	Alta	50-500 cm	Alto	
hc-sr04	5V	Media	2-400 cm	Bajo	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: (TOOLS, s.f.) (TOOLS, s.f.)

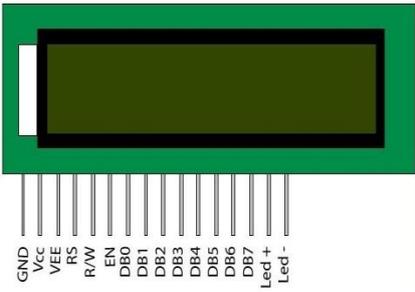
2.4.5.7 Pantalla LCD

Es aquella pantalla delgada, formada por un determinado número de píxeles que se colocan delante de una fuente de luz. El cristal líquido permite que la luz pase de un polarizador al otro. Sirve para visualizar desde letras hasta imágenes según el uso y la calidad del LCD.

Tipos de pantalla LCD

En la siguiente tabla se hace una comparación de las diferentes características de algunos de las pantallas LCD disponibles para Arduino.

Tabla 19-2: Tipos de pantalla LCD

LCD	Fuente alimentación	Resistencia Ambiente	Pines	Costo	
Pantalla LCD	5V	Alta	14	Bajo	
Pantalla LCD i2c	5V	Alta	4	Bajo	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: (iteadstudio, 2010)

2.5 Diseño de la base de datos

Para el diseño de la base de datos está es fundamentada en el sistema SCADA en el cual toda información es recopilada por los sensores y actuadores, en el sistema de campo. Cuando ya se tiene un flujo de adquisición de información constante se procede a copilar el lenguaje de manipulación de datos para que almacene el control y monitoreo de las líneas de producción del modelo prototipo.

2.5.1 Crear base de datos

Se procedió a crea la base datos en el cual se selecciona el tipo de plantilla que se desea seleccionar.

2.5.2 Modulo de almacenamiento

Es el lugar donde se almaceno la información que es recopilada en la base datos. Que puede variar desde un disco duro, en línea entre otras opciones de almacenamiento.

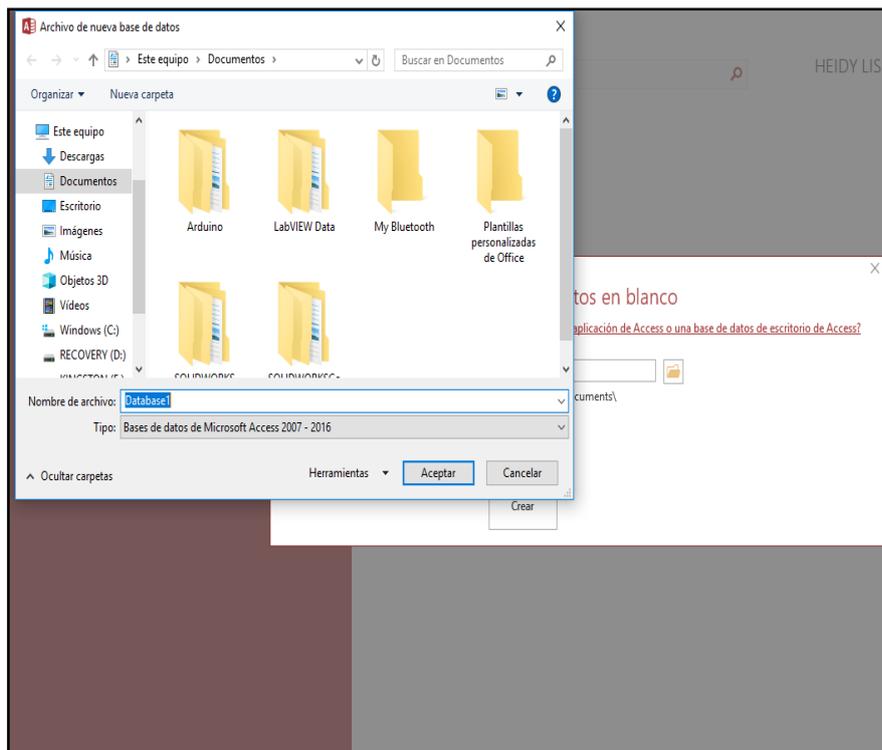


Figura 40-2: Almacenamiento de base de datos

Fuente: Erick Encalada, 2018

2.5.3 Sistema de adquisición de datos

En el sistema de adquisición de datos se trabajó a través de una consulta que permite procesar, almacenar, contar y ordenar información recibida de diferentes tablas. Al crear una consulta en Access, defines condiciones específicas de búsqueda para encontrar, exactamente, la información que deseas.

2.5.3.1 Selección del modelo entidad relación

El modelo entidad relación es un instrumento que permitió relacionar las entidades más significativas del sistema de control de las líneas de producción del modelo prototipo. Existen diferentes modelos para crear las relaciones de acuerdo con sus atributos y entidades, en la siguiente tabla se da conocer los principales modelos de entidad relación usados para la transmisión de datos (Silberschatz, et al., s.f., pp. 5-7).

Tabla 20-2: Modelo de relación

Modelo de relación	Descripción	Diagrama
1 a 1	Relación de uno a uno. Puede darse entre entidades o atributos, o en ambas.	
1 a n	Relación de uno a varios. Puede darse en entidades o atributos, como en ambas.	
n a n	Relación de varios a varios. Puede darse en entidades o atributos, como en ambas.	

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Modelo de relación

2.5.3.2 Consulta

Se procedió a realizar la consulta en Access, con ayuda de un lenguaje de programación SQL se lo hizo en función de la necesidad que se requiera para que estén bien creadas y definidas las relaciones entre cada línea de producción y el monitor central que recibe toda la información, para la creación de la base de datos.

2.5.3.3 Formulario

Se procedió a crear un formulario con los datos obtenidos de la consulta, esto permite crear una interfaz de usuario para una aplicación de base de datos. La ventaja del formulario es que es visualmente atractivo haciéndolo más agradable y eficiente el trabajo con la base de datos, y además de evitar que se introduzcan datos erróneos.

2.5.4 Registro de usuario

Se creo una ventana de acceso para que cada usuario se identifique según el nivel que se le asigne, como se muestra en la siguiente figura:

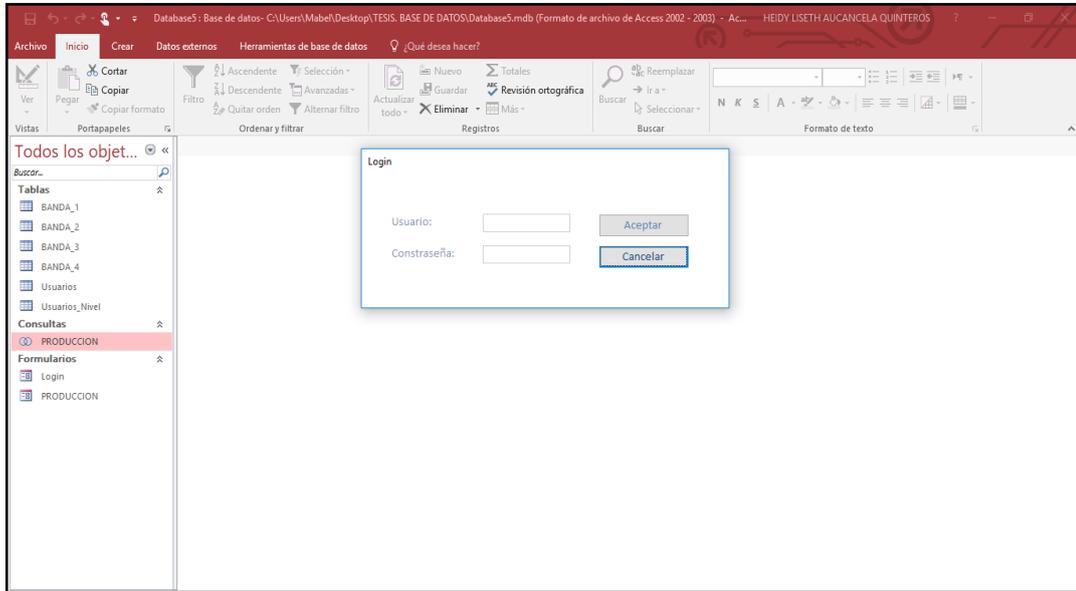


Figura 41-2: Registro de usuario

Fuente: Erick Encalada, 2018

2.6 Diseño de la Interfaz Gráfica

Para el diseño de la interfaz gráfica se seleccionó un software que este a disponibilidad y acceso de los usuarios. Utilizando el programa de LabVIEW para la visualización grafica de las líneas de producción.

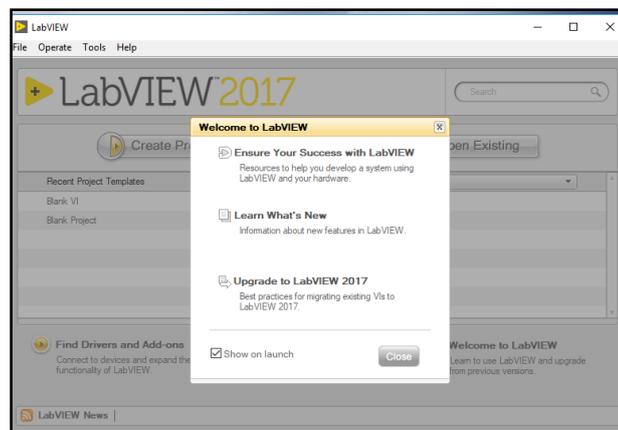


Figura 42-2: LabView, 2017

Fuente: Erick Encalada, 2018

2.6.1 Selección de la relación entre LabVIEW -Base datos

LabVIEW se comunica con un administrador de bases de datos (dbms) según se observa en la figura.

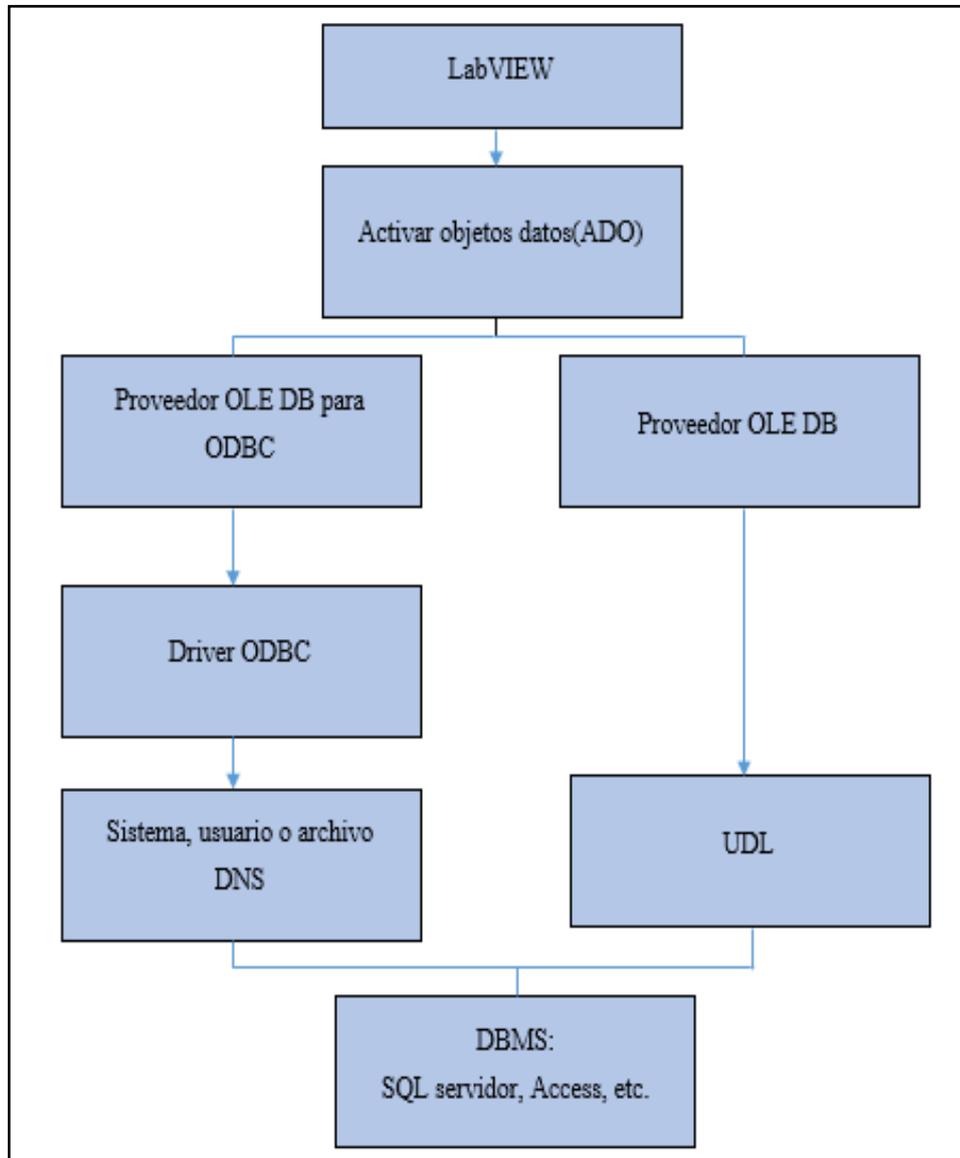


Figura 43-2: Entrada de información en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Se observan dos opciones, se puede hacer mediante un proveedor OLE DB mediante un archivo UDL, o universal data link.

2.6.2 Interfaz Gráfica

A continuación, después de crear el proyecto se empieza a programar, para recibir la información a través de la comunicación serial de los XBee, para lo cual se realizó la función visa y serial dentro de LabVIEW.

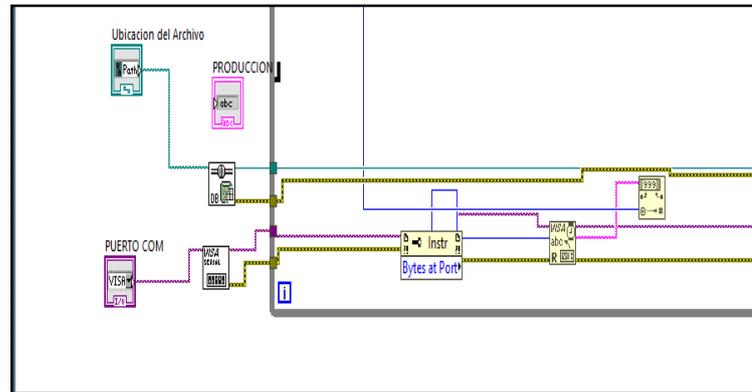


Figura 44-2: Entrada de información en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Se realizó la programación del LabVIEW, en forma de un switch de cuatro conexiones con ayuda de una estructura de condición con el objetivo de sincronizar todas las líneas de producción a la vez.

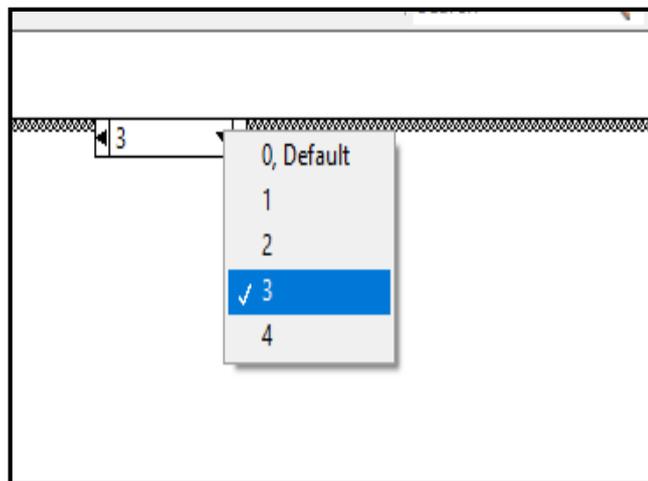


Figura 45-2: Switch de cuatro conexiones en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Se realizó la programación en cada una de las líneas, a continuación, una figura donde se explica la programación de una línea de producción.

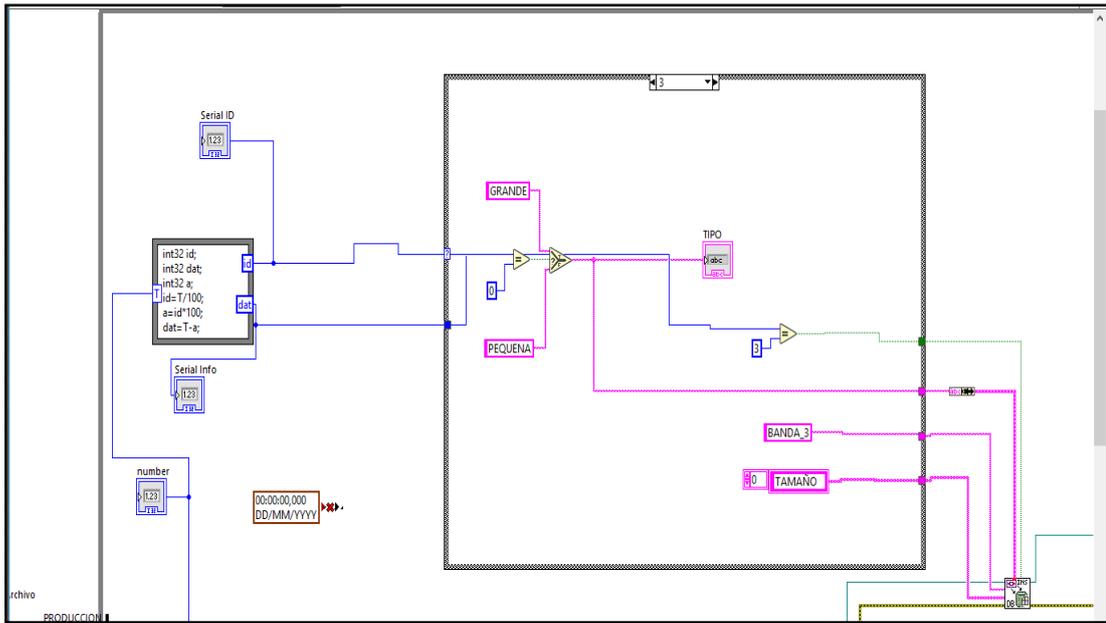


Figura 46-2: Esquema de programación LabVIEW.

Fuente: Erick Encalada, 2018

La figura 31-2 describe los bloques de programación necesarios para realizar la visualización de una tabla de la base generada en Microsoft Access desde LabVIEW.

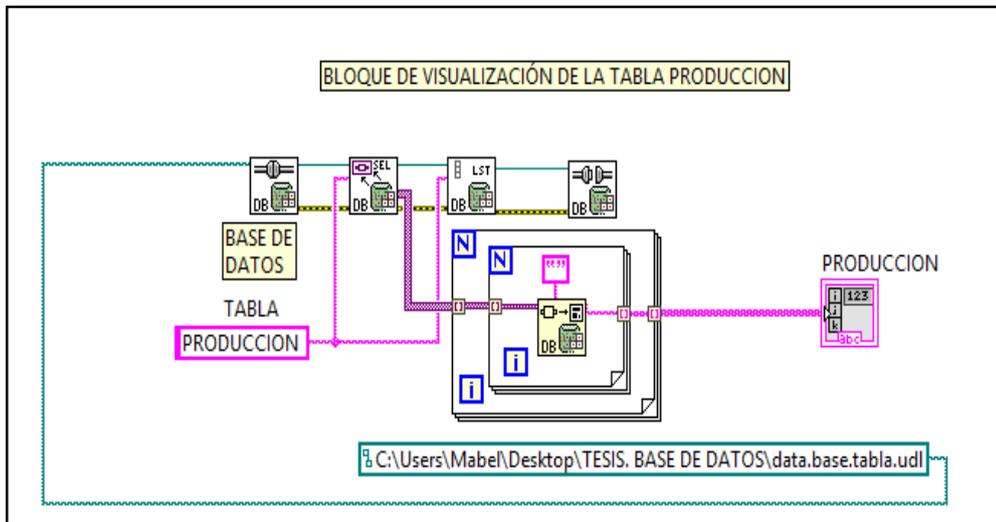


Figura 47-2: Esquema de programación LabVIEW.

Fuente: Erick Encalada, 2018

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Elementos de máquinas seleccionados

3.1.1 Sistema de transmisión por correas trapezoidales

En el sistema de transmisión por correas trapezoidales se realizaron los cálculos correspondientes obteniendo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 1-3: Descripción del proceso.

	Descripción proceso		
		Cálculo de la relación de transmisión	$i = 2,5$
	Cálculo de la frecuencia de transmisión de la otra polea.	$n_2 = 5,2$	
Selección transmisiones por correa trapecial.	Cálculo de la potencia de diseño	Factor de servicio	1
		Potencia de diseño	0.08
		Sección de correa más adecuada.	A
	Identificar la correa y las a utilizar	Cálculo de la relación de transmisión del apartado 1	$i = 2,5$
		Distancias entre ejes en función del tamaño de la polea.	$C = 200 \text{ mm}$
	Longitud de la correa	L= 686 mm	Nº 26
			Ln = 694
			Perfil A
		Distancias entre centros de las poleas (correas normalizadas)	$C_c = 204 \text{ mm}$
	Determinación del arco de contacto menor	Transmisión con correa abierta	$\alpha_1 = 158$ $> 120^\circ$

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Selección transmisiones por correa trapecial.

De acuerdo con estos cálculos se obtuvo que el sistema trapezoidal requiere de una correa trapezoidal para la transmisión de movimiento por poleas.

3.1.2 Selección de la banda

En el sistema de selección de la banda se realizaron los cálculos correspondientes obteniendo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 2-3: Selección de la banda.

Selección de la banda.	Tensión efectiva	$T_e = 350 \text{ LB}$
	Tensión lado retorno	$T_2 = 270 \text{ lb}$
	Tensión lado tenso	$T_1 = 620 \text{ lb}$
	Tensión operación unitaria	$T_u = 142 \text{ lb/in}$

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Selección de la banda.

En función de los datos calculados se seleccionó una banda Longlife PVC vulcanizada 2 capas, de ancho 11,5 cm con espesor de 2 mm.

3.1.3 Selección del rodamiento

En el sistema de selección de los rodamientos se realizaron los cálculos correspondientes obteniendo la siguiente tabla de resultados:

Tabla 3-3: Selección de los rodamientos.

Selección del rodamiento	Carga debido a cadenas y correas	Fuerzas tangencial eje.	$K_t = 11.07 \text{ KN}$
		Fuerza tangencial rodillo	$K_t = 0.44 \text{ KN}$
		Potencia transmitida	$P_{trans} = 3600 \text{ W}$
		Torque eje	$T = 109 \text{ Nm momento del eje}$
			$N_{eje} = 0.55 \text{ rad/s}$
			$K_R = 4.34 \text{ KN}$

		Fuerza radial rodillo	
		Fuerza resultante	$F = 1.71 \text{ KN}$
Cálculo de fuerzas en el eje motriz	Fuerzas en planos XY		$RCy = 9 \text{ KN}$
			$RAy = 3,91 \text{ KN}$
	Fuerzas en planos XZ		$RAy = 3,91 \text{ KN}, Ray = 10.7$
			$RCy = 5.8 \text{ KN}, RCy = 10.7 \text{ KN}$
Calculo de fuerzas en el eje eslabón	Fuerzas en planos XY		$RCy = 1.6 \text{ KN}$
			$RAy = 2.75 \text{ KN}$
	Fuerzas en planos XZ		$RAy = 2.75 \text{ KN}$
			$Ray = 6.4 \text{ KN}$
Selección rodamiento eje motriz	Selección de rodamiento rígido de bolas ``C``		<i>carga dinámica $C = 16 \text{ KN}$</i>
			<i>carga estática $Po = 10.7 \text{ KN}$</i>
			<i>Factor de seguridad $Co = 8.56 \text{ KN}$</i>
			<i>fl de 2,29 nos da un vida util de 6000 horas</i>
	Selección de rodamiento rígido de bolas ``A``		<i>Carga estática $Co = 7.8 \text{ KN}$</i>
			<i>Carga dinámica $C = 10.75 \text{ KN}$</i>
			<i>Carga estática $Po = 10.7 \text{ KN}$</i>
			<i>factor de seguridad $Co = 5.6 \text{ KN}$</i>
		<i>fl de 3.4 nos da un vida util de 20000 horas</i>	
Selección rodamiento eje eslabón	Selección de rodamiento rígido de bolas ``C``		<i>carga dinámica $C = 9.22 \text{ KN}$</i>
			<i>carga estática $Po = 6 \text{ KN}$</i>
			<i>Factor de seguridad $Co = 5.4 \text{ KN}$</i>
			<i>fl de 3.9 nos da un vida util de 3000 horas</i>
	Selección de rodamiento rígido de bolas ``A``		<i>carga dinámica $C = 9.83 \text{ KN}$</i>
			<i>carga estática $Po = 6.4 \text{ KN}$</i>
			<i>Factor de seguridad $Co = 5.12 \text{ KN}$</i>
			<i>fl de 3.7 nos da un vida util de 26000 horas</i>

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Selección de rodamiento

Obteniendo un rodamiento FAG 6304, que cumple con las horas de trabajo en los ejes de las bandas del modelo prototipo.

3.2 Construcción del modelo prototipo

Se evidenció a través del simulador de SolidWorks que el factor de seguridad es mayor a 1.5 tanto en las estructuras de las bandas como en la estructura de la mesa. Con lo cual se determina que no hay ningún problema en el diseño del modelo prototipo de cuatro líneas de producción, cumpliendo con todo los análisis de resistencia de materiales.



Figura 1-3: Modelo prototipo

Realizado por: Erick Encalada, 2018

3.3 Sistema de monitoreo

3.3.1 Selección del equipamiento

Tabla 4-3: El equipamiento más adecuado para el monitoreo.

Selección del equipamiento	XBee Explorer Dongle	Unidad base de serial a USB de XBee
	Módulos XBee	XBee S2C, XBee S1

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Equipamiento

El módulo XBee S2 es el más adecuado porque tiene un alcance intermedio y una conexión punto a multipunto que lo hace óptimo para el diseño del sistema de sensores inalámbricos dentro del modelo prototipo.

3.3.2 Selección de la topología de red

La topología de interconexión en estrella es la que más se adapta al diseño del modelo prototipo de cuatro líneas de producción.

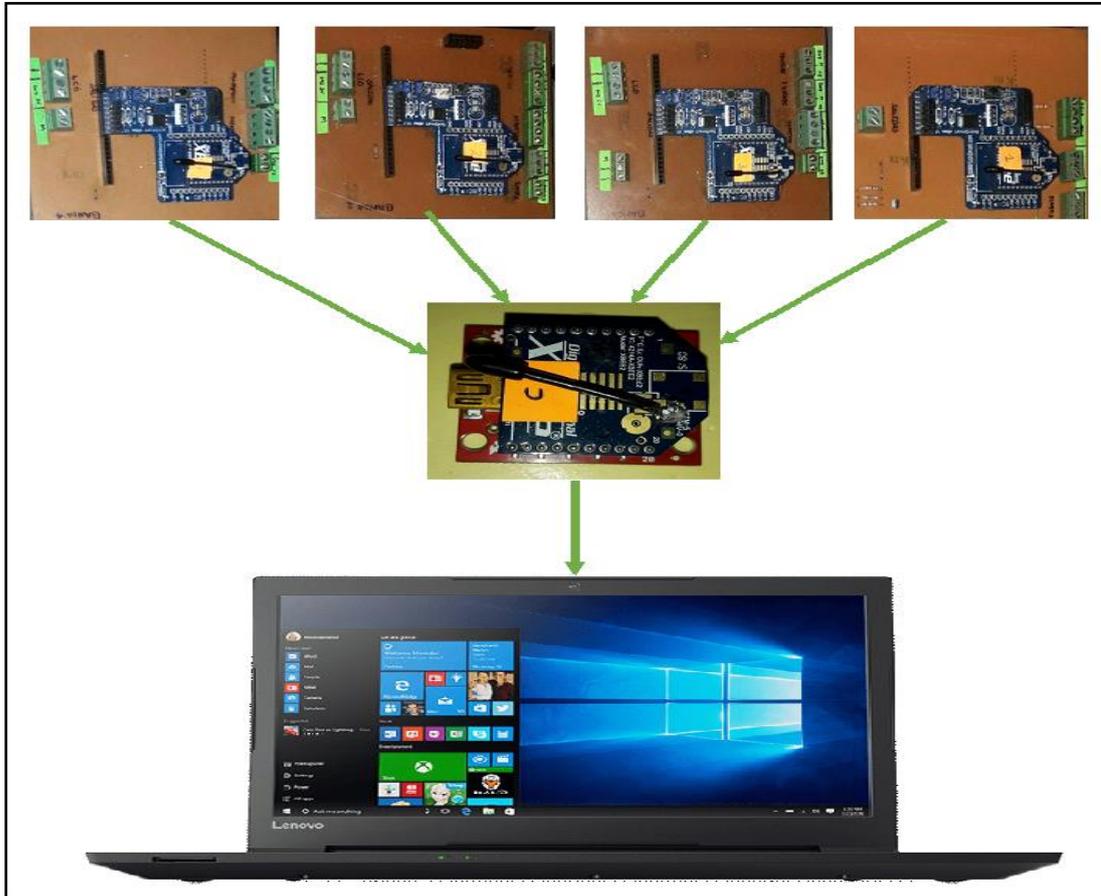


Figura 2-3: Topología de red

Realizado por: Erick Encalada, 2018

3.3.3 Diseño de la red

Se configuran los XBee S2 con el programa XCTU. Cada uno de los XBee que representa una línea de producción funciona como router que envían la comunicación al coordinador que hace de nodo central o maestro. En el cual todos tienen la misma PAN ID, para su intercomunicación.



Figura 3-3: Configuración de la red

Realizado por: Erick Encalada, 2018

3.4 Diseño del sistema de control

3.4.1 *Selectora de materiales metálicos*

Se usó los siguientes sensores y actuadores para el cumplimiento del proceso:

- Sensor inductivo NPN: por su fácil ajuste y uso.
- Electroválvula monoestable 5/2: sistema eléctrico y automático
- Cilindro doble efecto: adaptación a la electroválvula mencionada

3.4.2 *Selección de materiales de colores.*

Se usó los siguientes sensores y actuadores para el cumplimiento del proceso:

- Sensor infrarrojo E18-D80NK: alta resistencia al ambiente
- Sensor color TCS230: bajo precio
- LCD I2C: poco uso de cables.

3.4.3 *Selectora de materiales por tamaños*

Se usó los siguientes sensores y actuadores para el cumplimiento del proceso:

- Sensor infrarrojo E18-D80NK: alta resistencia al ambiente
- LCD I2C: poco uso de cables.
- Electroválvula monoestable 5/2: sistema eléctrico y automático
- Cilindro doble efecto: adaptación a la electroválvula mencionada

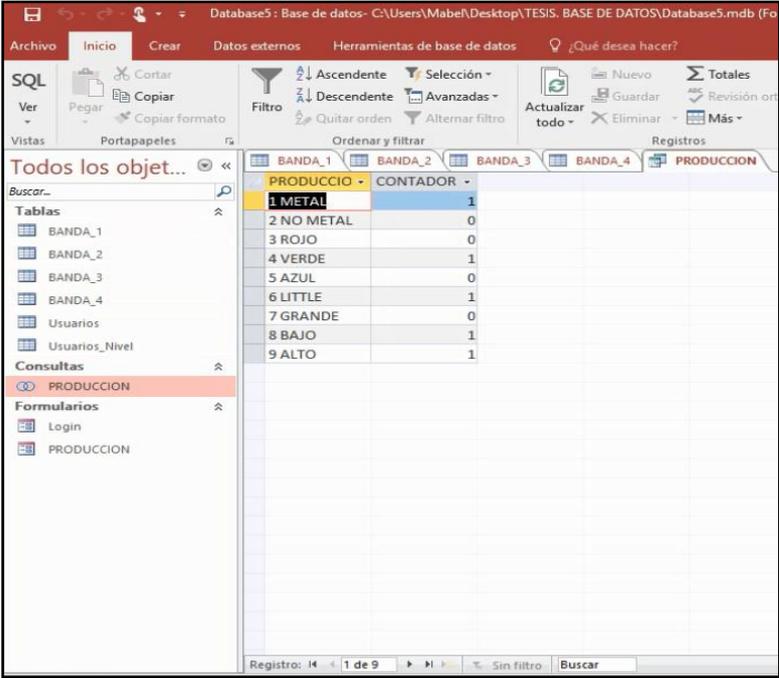
3.4.4 Selectora de materiales por alturas

Se usó los siguientes sensores y actuadores para el cumplimiento del proceso:

- Sensor ultrasonido hc-sr04
- LCD I2C: poco uso de cables.

3.5 Diseño de la base de datos

Se logró obtener con el lenguaje de programación SQL una consulta en Access, que permite registrar, monitorear y controlar las cuatro líneas de producción.



PRODUCCION	CONTADOR
1 METAL	1
2 NO METAL	0
3 ROJO	0
4 VERDE	1
5 AZUL	0
6 LITTLE	1
7 GRANDE	0
8 BAJO	1
9 ALTO	1

Figura 4-3: Diseño de la base de datos

Fuente: Erick Encalada, 2018

3.6 Interfaz gráfica

Se realiza la visualización de la pantalla a través del siguiente grafico para el monitoreo y control de la producción. Donde se aprecia la información como llega y se actualiza en la tabla del contador.

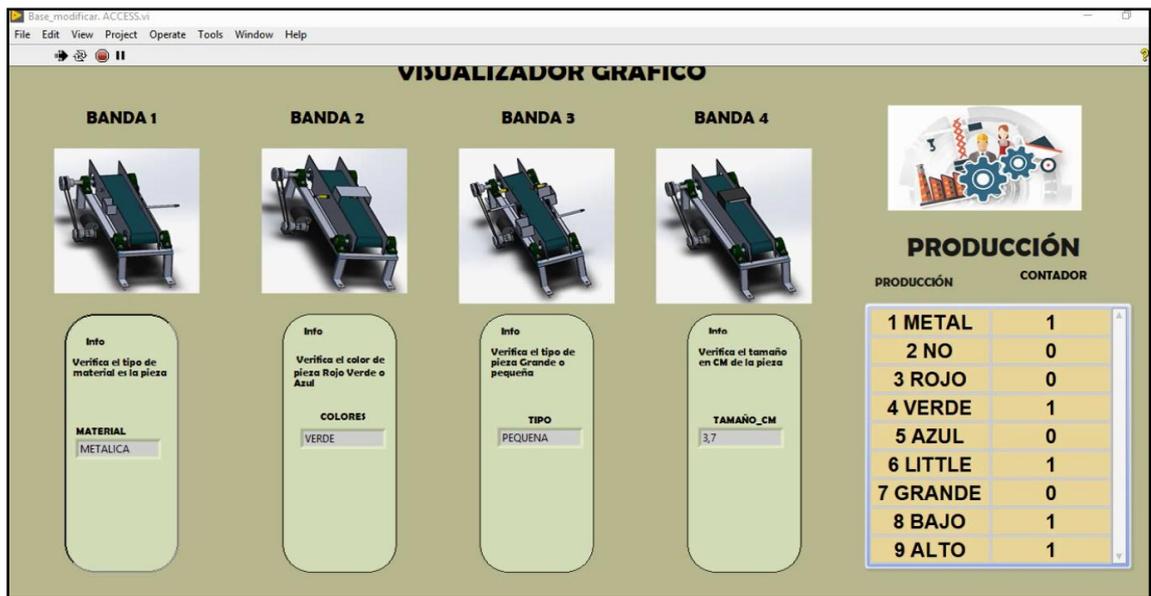


Figura 5-3: Interfaz grafica

Fuente: Erick Encalada, 2018

Para el diagrama por bloques que se hace en LabVIEW, se realizó la siguiente programación, para la línea 1 del prototipo.

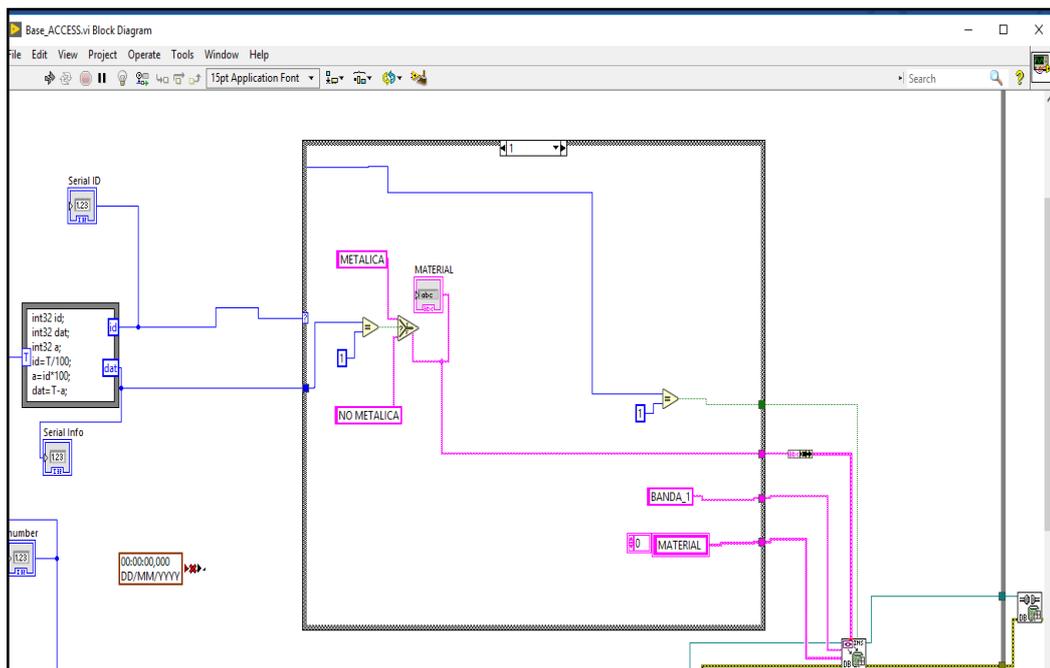


Figura 6-3: Selectora de metales en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Para la línea 2 del prototipo, se obtuvo la siguiente figura:

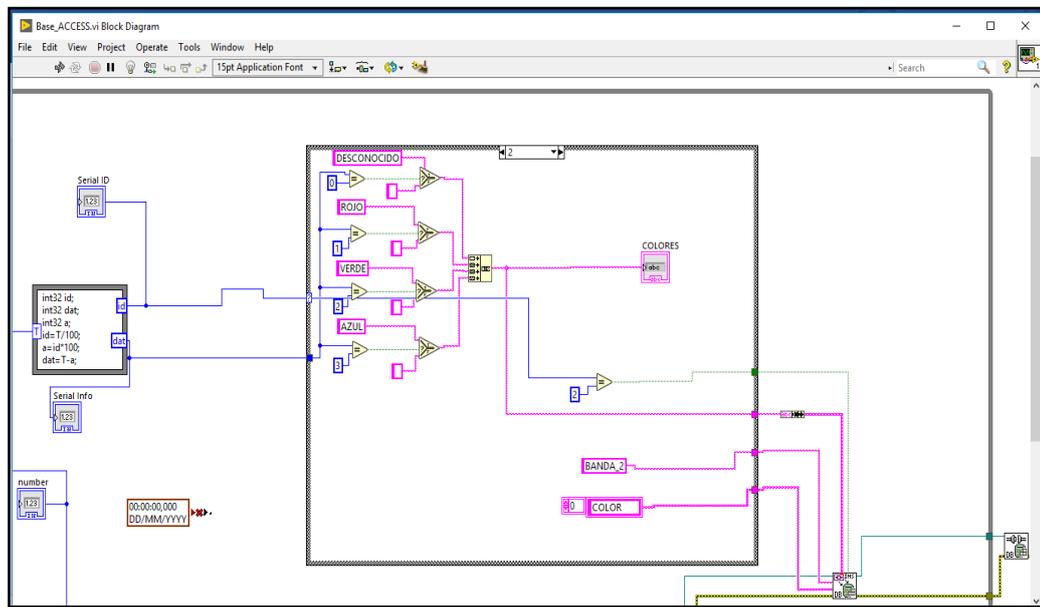


Figura 7-3: Selectora de colores en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Para la línea 3 del prototipo, se obtuvo la siguiente figura:

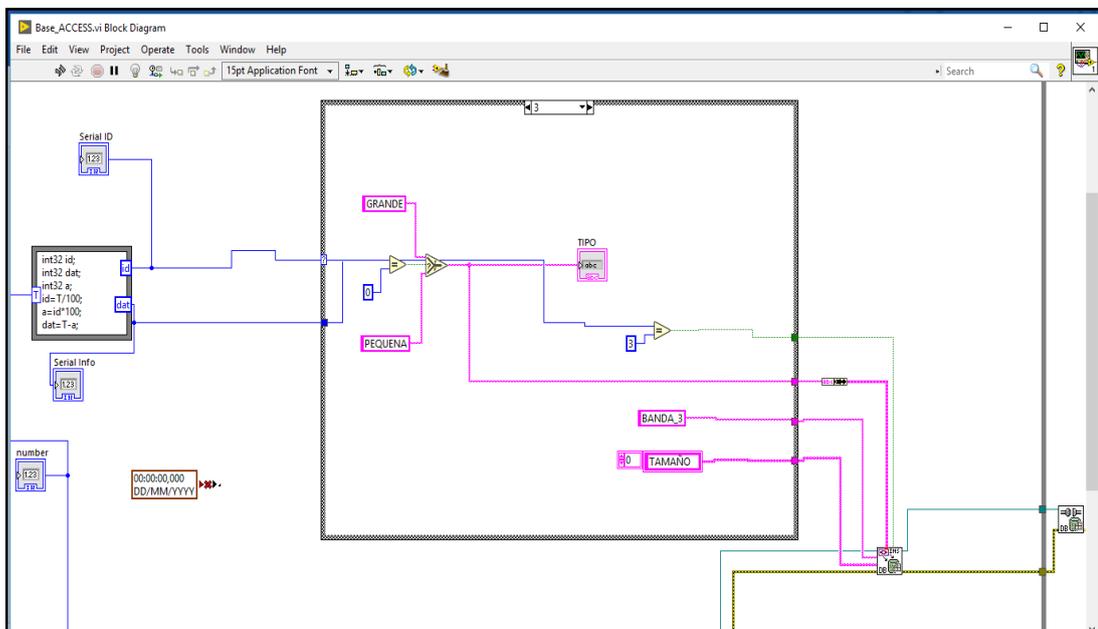


Figura 8-3: Selectora de tamaños en LabVIEW

Fuente: Erick Encalada, 2018

Para la línea 4 del prototipo, se obtuvo la siguiente figura:

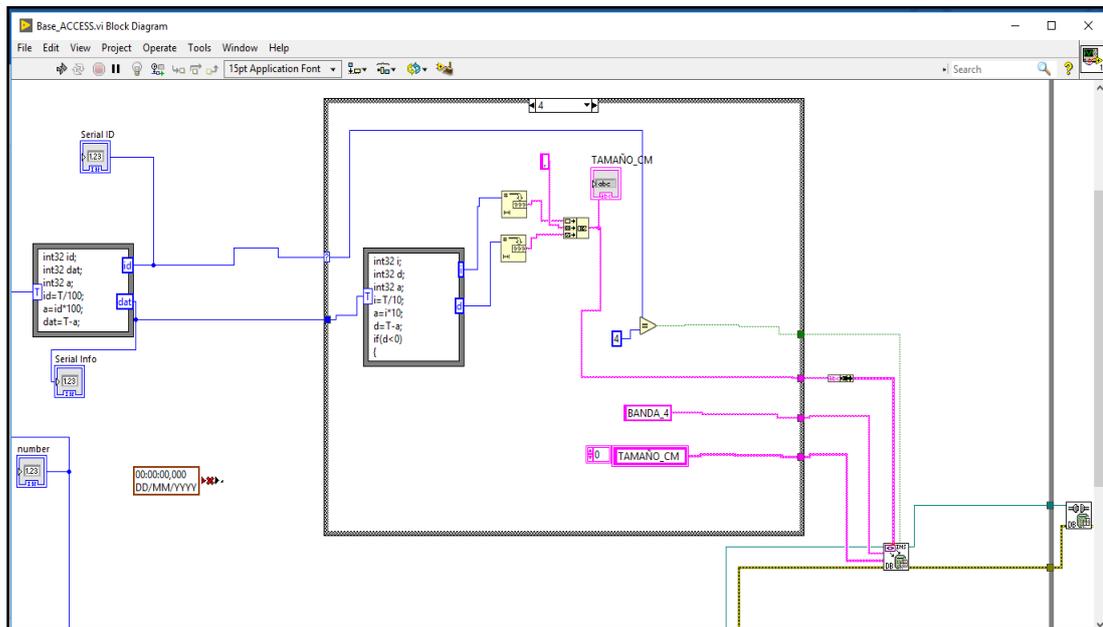


Figura 9-3: Selectora de alturas en LabVIEW

Realizado por: Erick Encalada, 2018

CAPÍTULO IV

4. COSTOS

Se realiza un análisis general de los costos efectuado en la construcción del modelo prototipo de cuatro líneas de producción con discriminación sensorial en productos terminados.

4.1 Costos directos

Son los que se relacionan directamente para la realización o fabricación del modelo prototipo.

4.1.1. Costos Neumáticos

Tabla: 1-4: Costos neumáticos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
3	Válvulas electroneumáticas 5/2 110V	42	126
6	Silenciadores 1/8	1	6
8 mts	Manguera plástica synflex	0,8	6,4
3	Cilindros de doble efecto C.100 mm	34	102
2	Teflón	0,75	1,5
8	Racores	1,75	14
1	Unidad de mantenimiento	35	35
	Total		290,9

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.1.2 Costos Eléctricos

Tabla: 2-4: Costos eléctricos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
4	Motor eléctrico 12V	55	220
4	Fuente alimentación 12 V - 5A	7	28
1	Fuente alimentación 12 V - 30A	40	40
4	Módulo LM2596	6	24
4	Placas Arduino	12	48
4	Arduino Mega	27	108
1	Módulo 8 relay	15	15
1	Placa módulo 8 relay	12	12
50	Cable flexible azul N° 18	0,25	12,5
10	Cable flexible negro N° 16	0,25	2,5
10	Cable flexible amarillo N° 16	0,25	2,5
1	Sensor inductivo	12	12
1	Sensor de color TCS230	5	5
3	Sensor infrarrojo E18-D80NK	15	45

Tabla: 2-4: Costos eléctricos (continua)

1	Sensor ultrasonido hc-sr04	10	10
1	Clavija eléctrica	1	1
1	Fusible	6	6
1	Interruptor térmico	5	5
5	Módulo XBee	25	125
4	Shielf Xbee	15	60
4	Botonera	4	16
8	Pulsadores	0,9	7,2
		Total	804,7

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.1.3 Costos mecánicos

Tabla: 3-4: Costos mecánicos

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
16	Chumaceras 3/4"	5	80
8	Rodillos	10	80
8	eje 3/4 "	1,5	12
4	Cinta transportadora	23	92
4	Poleas de aluminio 13 cm	8	32
4	Poleas de aluminio 5 cm	5	20
4	Correa trapezoidal	4	16
16	Perno 1/8 "*1"	0,1	1,6
32	Arandela presión 1/8"	0,1	3,2
8	Perno 1/4 "*1"	0,1	0,8
16	Arandela presión 1/8"	0,1	1,6
1	Acero inoxidable	65	65
6	Tubo rectangular	3	18
9	Tubo cuadrado	3	27
1	Tabla MDF	45	45
		Total	494,2

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.1.4 Costo de mano de obra

Tabla: 4-4: Costos mano de obra

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Soldador	60	60
1	Mecánico industrial	250	250
1	Tornero	100	100
		Total	410

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.1.5 Costo de transporte de material

Tabla: 5-4: Costo transporte de material

Cantidad	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Flete acero inoxidable	10	10
1	Flete tabla MDF	5	5
1	Flete estructura	10	10
1	Flete prototipo	30	30
	Total		55

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.1.6 Costos directos totales

Tabla: 6-4: Costo directos totales

Descripción	V. Total
Costos neumáticos	290,9
Costos eléctricos	804,7
Costos mecánicos	494,2
Costo mano de obra	410
Costo transporte material	55
Costo directo total	2054,8

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.2 Costos indirectos

Tabla: 7-4: Costo indirectos totales

Nº	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Ingenieriles (supervisión y diseño)	100	100
2	Imprevistos	150	150
	Total		250

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

4.3 Costo total

Tabla: 8-4: Costo total

Nº	Descripción	V. unitario(USD)	V. Total (USD)
1	Costos directos totales	2054,8	2054,8
2	Costos indirectos totales	250	250
	Costo Total		2304,8

Realizado por: Erick Encalada, 2018

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

1. La red mallada utilizada uso una topología en estrella en el cual a través de los módulos XBee de tecnología ZigBee se realizó el tráfico de información entre las líneas de producción y el centralizador.
2. Para la implementación se usó los módulos XBee S2, que permite la conexión punto a multipunto con un alcance dentro de los límites del prototipo.
3. Para la selección de sensores y actuadores se lo realizó en función a la necesidad de cada proceso.
4. La construcción del modelo prototipo cumplió con todos los parámetros técnicos de resistencia de materiales.
5. El modelo prototipo de cuatro líneas de producción cumplió con la discriminación sensorial en productos terminados, gracias a la correcta selección de sensores (Anexo 8).
6. Se generó una interfaz gráfica en LabVIEW que permite hacer el monitoreo y control de cada una de las líneas de producción del modelo prototipo.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda programar los módulos XBee en la configuración
- ✓ Instalar los drives necesarios en su equipo – computador o laptop, para las programaciones de XBee, Arduino, etc. Que identifique o reconozca cada acción a proceder.
- ✓ Trabajar en las mismas versiones todos los programas a realizar para la compatibilidad de reproducción, visualización y edición.
- ✓ Utilizar los sensores de mayor calidad sensorial que detecte y que posee facilidad de utilidad y calidad de manejo y reconocimiento.

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA, P. Programación de PLC's. [en línea] (tesis). (Doctoral) Universidad Autónoma de Nueva León. 2002. San Nicolás de los Garza, México. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/919/1/1020148252.PDF>.

ALEX D. Construcción de un Tacómetro Digital Para Maquinaria Industrial. [en línea] (Título de Tecnologías). Escuela Politécnica Nacional. 2009. Ecuador. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2207/1/CD-1982.pdf>.

ARDUINO – ARDUINOXBEE SHIELD. *Xbee Shield* [en línea] [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoXbeeShield>.

BLOGSPOT. Wireless Sensor Networks (WSN). [blog] [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://2.bp.blogspot.com/IZxuE1VMSJc/UAXVb7reUQI/AAAAAAAAABM/7yAvXSkPCLY/s1600/WSN.png>.

CHAPMAN, STEPHEN N. *Planificación y control de la producción*. 1ª ed. México: PEARSON. 2006. pp. 18-20.

SISTEMAS NEUMÁTICOS. *Cilindros de simple y doble efecto* [en línea] , 2012. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/receptores-neumaticos/cilindros-de-simple-y-doble-efecto/>.

DALESSIO, F. *Administración y dirección de la producción*. 2ª ed. Lima - Perú: PEARSON Prentice Hall. 2004. pp. 364 – 367.

EBEL, F; et al. *Fundamentos de la técnica de automatización*. 1ª ed. Denkendorf -Alemania: Festo Didactic GmbH & Co. KG. 2008. pp.15.

FERNÁNDEZ, R; et al: *Redes inalámbricas de sensores: teoría y aplicación práctica*. [en línea] (tesis). (Doctoral) Universidad de La Rioja, España. 2001. ISBN 978-84-692-3007-7. pp.18. [Consultado: 12 enero 2018]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/libro/377564.pdf>

GALLARDO, S. *Configuración de instalaciones domóticas y automáticas*. 1ª ed. Madrid - España: Paraninfo S.A. 2003. pp.20

GUTIERREZ, H. *Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma*. 2ª ed. Guanajato-México: McGraw-Hill. 2009. pp. 5-14.

GEEK FACTORY. *Sensor de distancia ultrasónico para arduino hc-sr04* [en línea], 2010. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>.

JGVALDEMORA.ORG. Cilindros neumáticos y oleohidráulicos. [en línea]. I.E.S Juan García Valdemora. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://jgvaldemora.org/blog/tecnologia/wp-content/uploads/2011/03/apuntes-de-circuitos-neum%C3%A1ticos-completo-9-10.pdf>.

JIMÉNEZ, E. *Técnicas de Automatización Avanzadas en Procesos Industriales*. (tesis). (Doctoral) Universidad de la Rioja. Logroño, España. pp. 18.

LEON, R.D. *WSN: Wireless Sensor Network Redes de sensores inalámbricas*. [blog]. 2015. Disponible en: <https://ricardodeleon1961.wordpress.com/2015/06/10/wsn-wireless-sensor-network-redes-de-sensores-inalambricas/>.

CEDUVIRT. *Microcontroladores Pic* [en línea], Disponible en: <http://www.ceduvirt.com/resources/Microcontroladores.pdf>.

NOVAS, D. *Microcontroladores*. [En línea]. 1ª ed. Hawai-Estados Unidos: Atlantic International University. 2008. [Consulta: 21 enero 2018]. Disponible en: <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/Despradel%20Novas%20Pe%20B1a.pdf>.

NTN-SNR ROULEMENTS. *Catálogo NTN para Fuerzas Axiales y Radiales. NTN-SNR* [en línea]. [Consulta: 21 enero 2018]. Disponible en: https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-04/ntn-snr_-_general_list_-_technical_characteristics_es.pdf.

PASCUALE, L. *Intor manufacturing solutions*. [en línea]. 2009 [Consulta: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.

ROCATEK *.Que es un PLC*. [en línea]. 2010. [Consulta: 21 enero 2018]. Disponible en: http://www.rocatek.com/forum_plc2.php.

SAFETYA, *Procedimiento lógico y por etapas para la mejora continua: PHVA*. [en línea]. 2016 [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <https://safetya.co/phva-procedimiento-logico-y-por-etapas/>.

SILBERSCHATZ, A; et al. *Fundamentos de bases de datos* [en línea]. 1ª ed. Madrid - España: MC Graw Hill. ISBN 84-481-3654-3. pp. 14-16. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible

en: <https://unefazuliasistemas.files.wordpress.com/2011/04/fundamentos-de-bases-de-datos-silberschatz-korth-sudarshan.pdf>.

SILBERSCHATZ, A; et al. *Database system concepts*. 4th ed. Boston- United States: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-228363-1. 2002. pp. 3-9.

SIPPER, DANIEL, & BULFIN J. *Planeación y control de la producción*. 1ª ed. Mexico: McGraw-Hill. 1998. pp.20-40.

SOHRABY, KAZEN; et al. *Wireless Sensor Networks, Technology, Protocols, and Applications*. 1ª ed. New Jersey-United States: WILEY. 2007. pp. 38-39.

VEGA, H., CORTEZ, A; et al. *Sistema Inteligente para medir volumen de Líquidos*. Revista de investigación de sistemas e informática [en línea]. 2010. ISBN 1816-3823. pp. 1-9. [Consultado: 29 noviembre 2017]. Disponible en: <http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sistem/article/view/3261/2727>.

VELOSO, *Como funciona el sensor ultrasónico hc-sr04*. [Consultado: 21 enero 2018]. 2016. Disponible en: <http://www.electrontools.com/Home/WP/2016/04/01/como-funciona-el-sensor-ultrasonico-hc-sr04/>.

VILDÓSOLA, E. *Actuadores* [en línea]. 1ª ed. Chile: Soltex Chile S.A. 2011. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>.

XBEE EXPLORER DONGLE. *tdrobotica.co* [en línea]. 2010. [Consultado: 21 enero 2018]. Disponible en: <http://tdrobotica.co/xbee-explorer-dongle/92.html>.