



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Sistema de control de bandas en aeropuertos

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Mecatrónico

P R E S E N T A

Claudia Roxana Jiménez Montiel

ASESOR(A) DE INFORME

Dr. Edmundo G. Rocha Cozatl



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2018

Índice general

1. Participación Profesional	4
1.1. Introducción y objetivo	4
1.2. AR Mechatronics Services S.A DE C.V	5
1.3. Descripción del puesto: Ingeniero de Control	8
2. Proyecto Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco	10
2.1. Introducción	10
2.2. Metodología	15
2.3. Recepción de Documentos por parte del cliente y Cálculo de Elementos de Protección	15
2.4. Cálculo de corriente nominal en el tablero y calibre de cable	16
2.5. Definición de elementos Entrada/Salida	19
2.6. Elaboración de Diagramas de Conexión	23
2.7. Elaboración del Programa de Control	25
2.7.1. Introducción	25
3. Puesta en Marcha Aduanas Aeropuerto Internacional de Cancún, Terminal 4	40
3.1. Introducción	40
3.2. Puesta en Marcha del Sistema	41
4. Resultados	45
4.1. Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco	45
4.2. Puesta en Marcha Aduanas Aeropuerto Internacional de Cancún Terminal 4	47

5. Conclusiones	49
A. Anexos	51
A.1. Entorno de programación y funciones especiales	51
A.2. Bloques de programación	53
Bibliografía	58

Capítulo 1

Participación Profesional

1.1. Introducción y objetivo

En la actualidad los sistemas de logística y transporte juegan un papel relevante en la mayoría de procesos industriales, una compañía que resulta referente, es BEUMER Group a/s, empresa Alemana líder en intralogística a nivel internacional en los campos de la tecnología de transporte, carga, paletización, embalaje, sistemas de clasificación y distribución, y manejo de equipaje en aeropuertos, entre otras. Como parte de las operaciones de Beumer Group, se encuentra la subcontratación de empresas que se encarguen de integrar y proporcionar el equipo eléctrico, de control y programación para los proyectos que se desarrollan bajo su firma.

En las siguientes páginas describo la labor profesional que desarrollé en la empresa AR Mechatronics Services, S.A de C.V, donde laboré en el cargo de Ing. de Control; específicamente las concernientes al proyecto, “Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco” y a la puesta en Marcha del sistema de bandas en la zona de Aduanas, de la terminal 4 del Aeropuerto Internacional de Cancún, ambos desarrollados por la firma Beumer Group México. Proyectos en los cuales estuve a cargo en las fases que presentaré en el desarrollo del siguiente informe.

El objetivo del siguiente informe es reportar las actividades profesionales realizadas dentro

de la empresa AR Mechatronics Services, bajo el puesto de Ingeniero de Control, sobre el desarrollo de los proyectos:

- Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco
- Puesta en marcha del sistema de bandas de la Zona de Aduanas del Aeropuerto Internacional de Cancún Terminal 4. con el fin de obtener el título de Ingeniera Mecatrónica.

1.2. AR Mechatronics Services S.A DE C.V

La empresa AR MECHATRONICS SERVICES es una empresa de automatización Poblana fundada por la Ing. Antonia Ofayra Ruiz Rangel en julio del año 2014; actualmente cuenta con una planta de más de veinte ingenieros, desarrollando las siguientes actividades:

- Diseño, desarrollo e implementación de soluciones de control y automatización
- Desarrollo de ingeniería eléctrica base y detalle
- Servicios de Ingeniería de Programación de PLC (Siemens, Allen Bradley, Mitsubishi)
- Programación de Robots (ABB, FANUC)
- Desarrollo de sistemas de Visualización y sistemas SCADA
- Diseño de topología e implementación de redes industriales de comunicación
- Puesta en marcha de sistemas automatizados
- Servicios de diagnóstico
- Optimización de tiempos y procesos
- Consultoría técnica
- Soporte técnico las 24 horas
- Diseño e impresión 3D

La misión, visión y valores de la empresa se encuentran citadas en los siguientes párrafos.

MISIÓN. “Proveer soluciones innovadoras, prácticas, confiables y duraderas, hechas a la medida de las necesidades del cliente, atendiendo el ámbito de los procesos de automatización, que permitan generar productos y servicios de alta calidad y rentabilidad.”

VISIÓN. “En los próximos 5 años proveer de servicios de alta calidad y eficiencia en la industria, posicionándonos como empresa líder a nivel regional en los procesos de automatización y desarrollo tecnológico.”

VALORES. “Calidad, Innovación, Atención al cliente, Compromiso.”

El siguiente organigrama muestra la forma de organización bajo la cual labora la empresa.

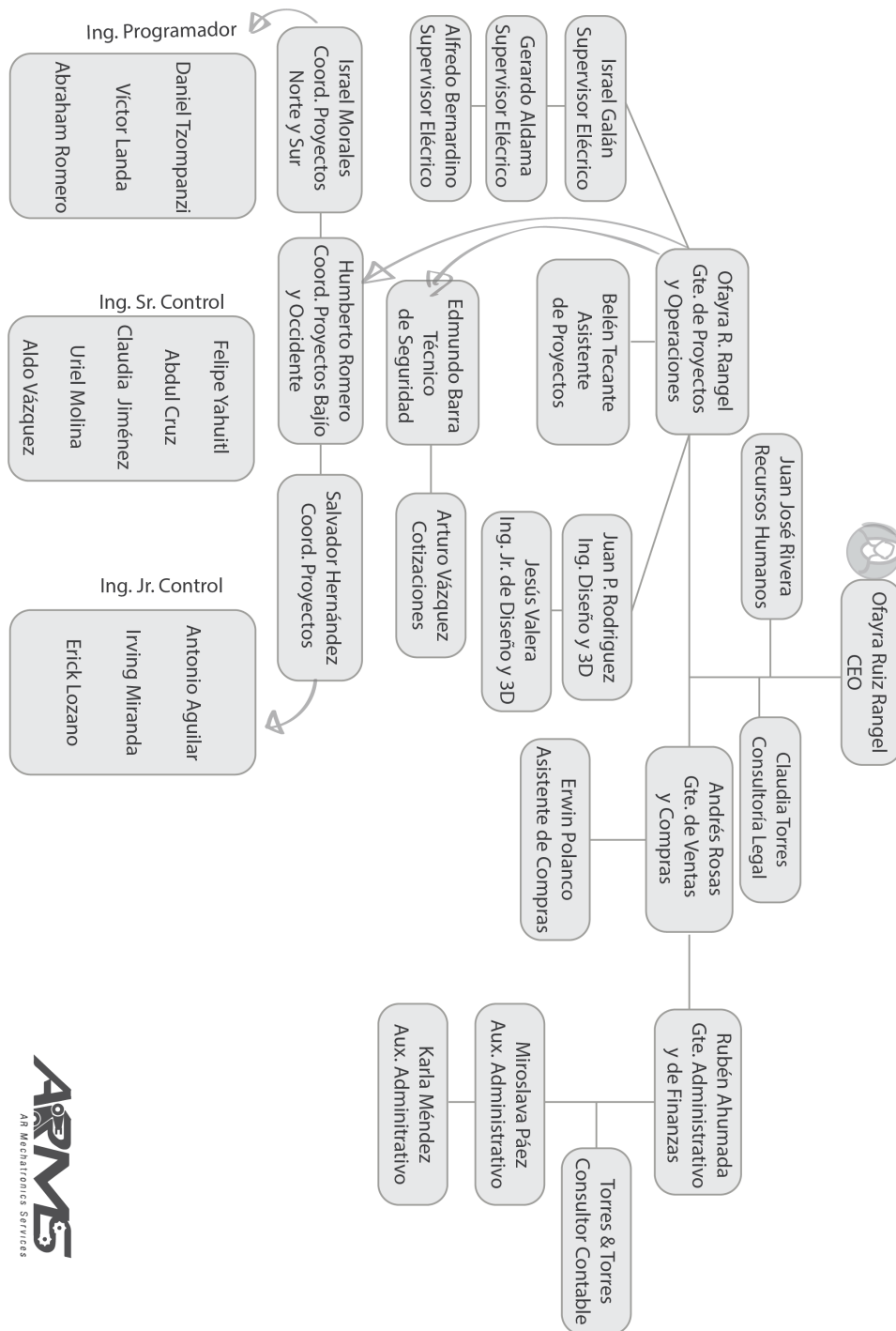


Figura 1.1: Organigrama AR Mechatronics Services

1.3. Descripción del puesto: Ingeniero de Control

Como se muestra en el organigrama presentado en la sección anterior, me desempeñé como Ingeniero de Control, desarrollando actividades dentro del departamento de ingeniería, correspondientes, en su mayoría a proyectos en el área Aeroportuaria; principalmente la realización de cálculos y selección de materiales para la elaboración de tableros de control y fuerza de los sistemas de Manejo de Equipaje Documentado. Como parte de estos proyectos, también apoyé en la realización de diagramas de conexión de los tableros de control, para los siguientes aeropuertos: Aeropuerto de San Luis, Reynosa, Internacional de Acapulco e Internacional de Monterrey, así como la programación de Controladores Lógicos Programables, PLC; del Aeropuerto Internacional de Acapulco y en el Área de Aduanas del Aeropuerto Internacional de Cancún, Terminal 4. Apoyé en el desarrollo de los sistemas de visualización, de los paneles utilizados, específicamente en el Aeropuerto Internacional de Monterrey.

Participé en las actividades en sitio, correspondientes a la puesta en marcha del Sistema de Bandas en Aduanas de la terminal 4 del Aeropuerto Internacional de Cancún, así como la elaboración de documentación de cierre de proyecto y manuales de funcionamiento, de diversos sistemas, como los que presento posteriormente.

Elaboré apoyo gráfico para las presentaciones de diversas propuestas de solución a problemáticas presentadas por los clientes; propuesta para la automatización del funcionamiento de un conjunto de autoclaves ¹, adquisición y manejo de datos para un conjunto de variadores de frecuencia, entre otros.

Los objetivos del proyecto del Aeropuerto Internacional de Acapulco, que tenía bajo mi cargo:

- Diseño y supervisión de la construcción de los tableros de control y fuerza de las áreas de Documentación, Control de Equipaje Documentado y Reclamo Nacional e Internacional
 - Definición y elaboración de requisiciones del material del tablero y campo.

¹Aparato para esterilizar por vapor que consiste en un recipiente cilíndrico, de paredes resistentes; metálico, y con cierre hermético

- Elaboración de diagramas eléctricos de conexión usando Eplan, como se describe posteriormente.
- Diseño de la distribución de los tableros.
- Escritura del programa de control de bandas del cada una de las áreas del sistema (Documentación, Reclamo Nacional, etc.), usando lenguaje escalera.

Con respecto al proyecto de la integración de las líneas de inspección en la zona de Aduanas de la Terminal 4 del Aeropuerto Internacional de Cancún, los objetivos a cumplir son puntualizados a continuación:

- Puesta en marcha de 8 líneas de inspección de Equipaje en la zona de Aduanas.
- Apoyo en la realización de documentación de cierre de proyecto: descriptivos funcionales, manuales de operación, reportes, etc.

Capítulo 2

Proyecto Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco

2.1. Introducción

El Aeropuerto Internacional de Acapulco administrado bajo la dirección del Grupo Aeroportuario Centro Norte, OMA, brinda su servicio a pasajeros nacionales e internacionales. Como parte de sus operaciones, es imprescindible que cuenten con un sistema eficiente de Inspección de Equipaje Documentado. Este proceso es llevado a cabo por medio de un sistema integral de bandas transportadoras, impulsadas por actuadores mecánicos, motores, que son controlados por medio de un Controlador Lógico Programable, PLC, por sus siglas en inglés.

El Sistema de Manejo de Equipaje Documentado, está compuesto por tres fases, o eventos, de los cuales se muestran las siguientes imágenes (fig.2.1, 2.2, 2.3) con fines ilustrativos.

1. **Documentación**, también conocida como mostradores. Área en donde el pasajero entrega

su equipaje para ser pesado y etiquetado, posteriormente le es entregado su pase de abordar.



Figura 2.1: Área de mostradores o Documentación de Equipaje

2. **Control de Equipaje Documentado CED, (Inspección y Carreteo)** En esta fase el equipaje que ha sido previamente etiquetado, es inspeccionado por medio de una máquina de rayos X, con la ayuda de operadores, que se encargan de las decisiones críticas del sistema de inspección, como se describirá más adelante.

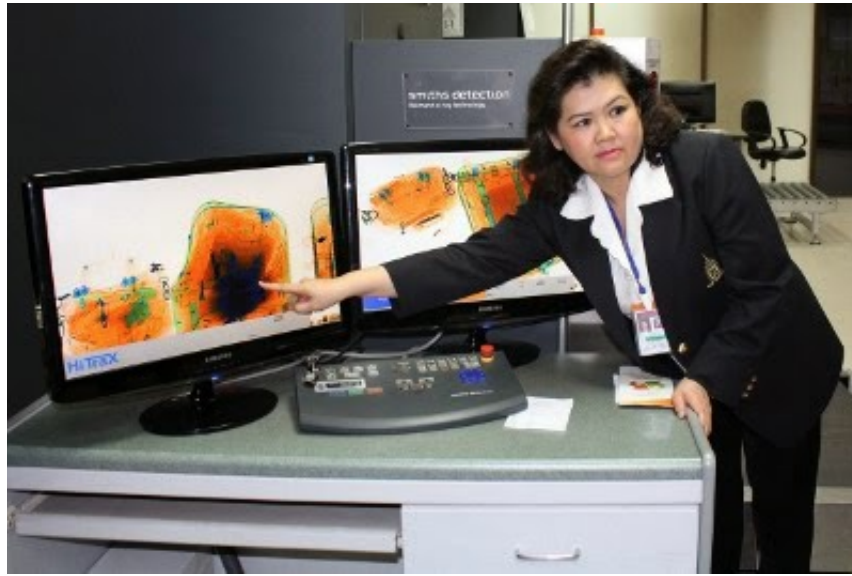


Figura 2.2: Área Inspección de Equipaje Documentado

- 3. Reclamo de equipaje; Nacional e Internacional** Una vez finalizado un vuelo y al descender los pasajeros del avión, esta es el área en donde el equipaje circula para ser reclamado por sus propietarios. El equipaje se mantiene circulando por uno o más carruseles hasta ser retirado.



Figura 2.3: Área Reclamo de equipaje

A continuación, se presenta un diagrama de la distribución o layout de las tres fases antes descritas, fig.2.4, la imagen es mostrada con fines ilustrativos.

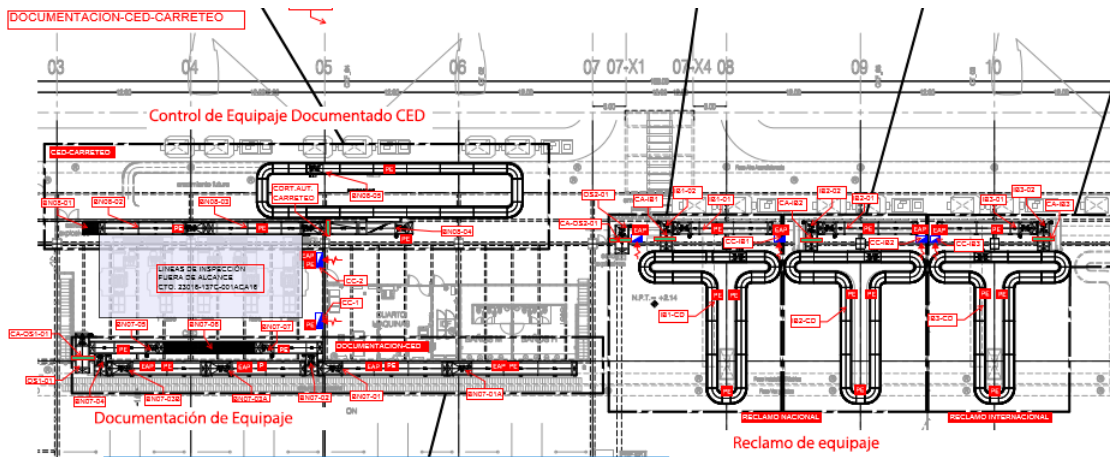


Figura 2.4: Distribución de las bandas del Aeropuerto Internacional de Acapulco

Todas las áreas referidas anteriormente, cuentan con elementos en campo que son relevantes para la funcionalidad del sistema; botones de paro y arranque del sistema, botones de Paro

de Emergencia, botones con funcionalidad específica, torretas luminosas, elementos sonoros y fotoceldas. La cantidad de estos elementos, está especificada por el cliente y ha de ser considerada, en pasos posteriores del desarrollo del proyecto.

Por otra parte, los elementos que controlan el sistema, están dentro de un gabinete, el cual denominamos genéricamente, Tablero de Control y Fuerza. Llamamos de fuerza a aquellos elementos encargados de la protección del tablero y motores. El PLC, tarjetas de adquisición de señales digitales, las cuales expanden la capacidad de entradas y salidas digitales del PLC [8], y elementos como la fuente de alimentación a 24 V, conforman la parte de control.



Figura 2.5: Imagen ilustrativa de un tablero de control y fuerza

2.2. Metodología

Los pasos enumerados a continuación son los que seguí durante la ejecución del proyecto, todos son contemplados en tiempo, por el Coordinador de Proyecto quién se encarga de generar el diagrama de Gantt correspondiente.

1. Recepción de la documentación por parte del cliente; planos, información del sistema mecánico, distribución espacial del sistema, etc.
2. Cálculo de corrientes y elementos de protección y arranque del sistema
3. Definición de elementos presentes en la instalación en sitio; botones de paro de emergencia, luces de señalización, botones, etc.
4. Elaboración de la lista de entradas/salidas digitales para cada tablero de control y fuerza
5. Elaboración del listado de materiales necesarios en campo y tablero, extensión de las requisiciones de compra de material
6. Elaboración de los diagramas eléctricos de los sistemas
7. Revisión y aprobación de los diagramas eléctricos
8. Elaboración del programa que controla el sistema de bandas
9. Puesta en marcha del sistema

En los siguientes párrafos explico detalladamente, las actividades relacionadas con los pasos enumerados anteriormente.

2.3. Recepción de Documentos por parte del cliente y Cálculo de Elementos de Protección

La recepción de planos de distribución de los transportadores requeridos en cada zona, así como la información relacionada con los motores correspondientes, denominado Manifiesto de

Motores (Motor Manifest), documento del que se desprende la fig. 2.6; marcan el inicio del proyecto.

Rev.	CONVEYO	LENGTH		SPEED RPM	BELT LENG	MOTOR			REDUCER		ACTUAL MAX SPEED
		FT	IN			HP	FLA	ACTUAL HZ	TYPE	MOUNT TYPE	
		1	BN07-01A			38	1.0000	90	82	3.0	
1	BN07-01B	38	2.0000	90	82	3.0	3.75	60.00	Eurodrive - RI	INLINE	88
1	BN07-02	6	5.5000	120	19	1.0	1.46	60.00	Eurodrive - KT	SHAFT	118
1	BN07-03A	29	3.7500	90	65	2.0	2.85	60.00	Eurodrive - RI	INLINE	93
1	BN07-03B	29	3.5000	90	65	2.0	2.85	60.00	Eurodrive - RI	INLINE	93
1	BN07-04	6	5.5000	120	19	1.0	1.46	60.00	Eurodrive - KT	SHAFT	118
1	BN07-05	19	2.5000	90	44	1.5	2.05	60.00	Eurodrive - KT	SHAFT	89
1	BN07-06	27		90	-	-	-	-	NA	-	-

Figura 2.6: Ejemplo de un Manifiesto de Motores por parte del Cliente

En este documento se presentan diferentes características físicas de las bandas transportadoras; longitud, tipo de banda, torque del motor asociado a cada una, etc. entre estos datos, la información necesaria para proceder con el cálculo de los elementos de accionamiento y protección de cada uno de los motores, es la potencia, expresada en el documento, como potencia en caballos de fuerza, HP.

2.4. Cálculo de corriente nominal en el tablero y calibre de cable

La fórmula que utilicé para el cálculo de la corriente nominal consumida por el motor, es la siguiente [1]:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot FP \cdot \eta} \quad (2.1)$$

Donde:

- **I** Corriente nominal
- **V** Voltaje de operación
- **P** Potencia

- **FP** Factor de Potencia
- η Eficiencia o Rendimiento

Los parámetros necesarios para el cálculo de la corriente son obtenidos de los datos de placa de los actuadores utilizados.

Después de que realicé los cálculos pertinentes seleccioné los elementos de protección para cada uno de los motores utilizados; guardamotores, estos son considerados con una tolerancia del 15% debido a que la corriente de arranque es mayor a la corriente nominal calculada [5]. También seleccioné los elementos de accionamiento con base en la información anterior. Como se mencionó anteriormente, estos elementos conforman la parte denominada Fuerza en el tablero, fig. 2.7

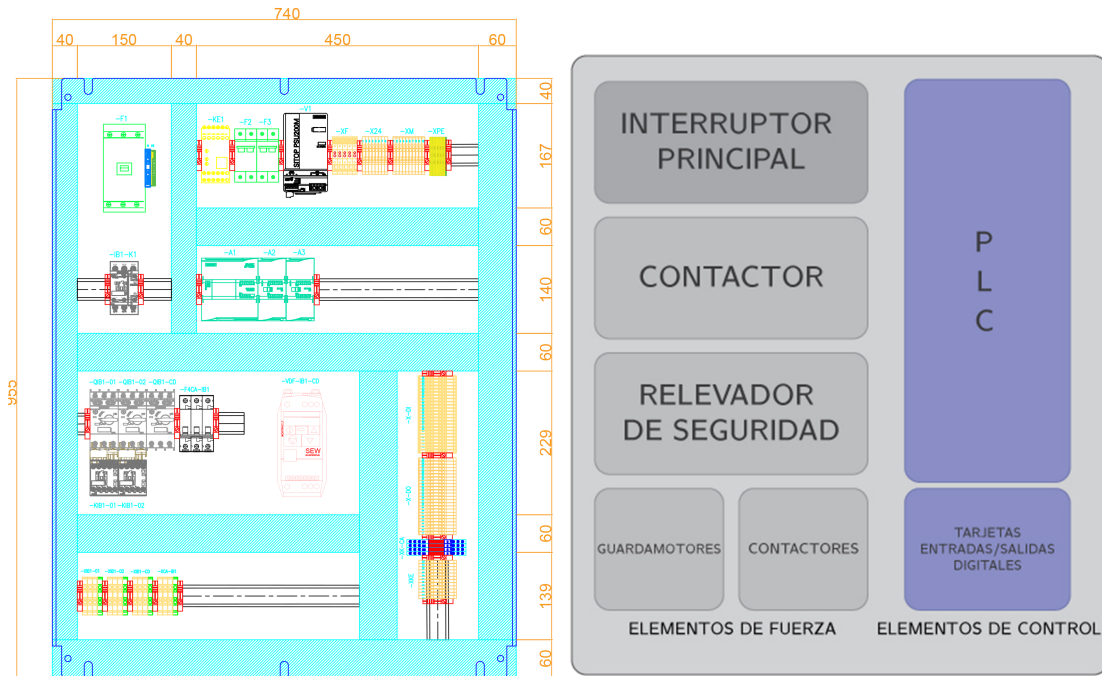


Figura 2.7: Distribución esquemática de un Tablero de Control y Fuerza

Elaboré el cálculo de cargas totales para los tableros de cada una de las áreas; Documentación de Equipaje, Control de Equipaje Documentado (CED) y para el área de Reclamo de Equipaje; Nacional e Internacional. La carga total de los tableros, además de considerar los motores, engloba las cargas asociadas a los elementos de control del tablero y elementos en campo; PLC, elementos de visualización, torretas sonoras y luminosas, etc. La selección del calibre del cable para cada uno de los gabinetes también está asociado al cálculo de cargas, por lo que también lo obtuve.

2.5. Definición de elementos Entrada/Salida

Con respecto a la definición de elementos en campo, cada una de las áreas tiene necesidades específicas de funcionamiento, según estas son definidos los siguientes elementos:

- Botoneras de arranque y paro, cuya funcionalidad se limita a encender o apagar el sistema completo o un grupo delimitado de bandas.
- Botones de Paro de Emergencia, distribuidos en zonas donde los operadores puedan acceder a ellos fácilmente. Los Paros de Emergencia deben ser utilizados en caso de que se presente algún acontecimiento que comprometa la integridad del operador o del sistema.
- Torretas luminosas y sonoras, las cuales sirven como elementos de alarma, por medio de las cuales se puede conocer el estado del sistema. Un ejemplo de señalización implementada se muestra en la fig.2.8.



Figura 2.8: Ejemplo funcionalidad de torretas en campo

- Botones de funcionalidad específica.
- Cortinas de seguridad.
- Fococeldas como parte de la instrumentación instalada en los transportadores.

- Desconectores tripolares, como parte del sistema de seguridad y mantenimiento.
- Variadores de frecuencia, en el área de Inspección y Carreteo y en donde sus instalación haya sido especificada por el cliente.

El Coordinador de Proyectos se encarga de confirmar que la posición de los elementos anteriormente descritos, satisfagan los criterios del cliente. Posterior a esta confirmación elaboré las listas de entradas y salidas digitales para cada una de las áreas; de forma general, la señales se encuentran agrupadas de la siguiente manera:

ENTRADAS: Asociadas al motor

1. Retroalimentación del motor
 2. Señal de Sobrecarga
- Asociadas a los elementos de campo
 1. Fococeldas
 2. Señales botón de arranque
 3. Señales botón de paro
 4. Señal de paro de emergencia
 5. Señal de posición de la cortina de seguridad; arriba, abajo
 6. Señales de la máquina de rayos X

SALIDAS: Asociadas al motor

1. Activación del motor
- Asociadas a los elementos de campo
 1. Señales de torretas
 2. Subir, bajar cortinas de seguridad
 3. Salidas de máquina de rayos X

Una vez recopilada la información del número de entradas y salidas correspondientes a cada área, realicé la propuesta del material de control; modelo del PLC y de tarjetas de entradas y salidas, así como las cantidades de cada uno. En esta fase, también elaboré la tabla de entradas y salidas, que serán utilizadas en el programa de control, definí la designación del módulo y la dirección de memoria que ocupará cada entrada/salida digital en el PLC o en la tarjeta de entrada/salida correspondiente, como lo ilustra la fig. 2.9 .

Después de ser aprobados los elementos que conforman el sistema de control, los componentes del tablero quedan completamente definidos, por lo que procedí con la elaboración de las requisiciones de material.

I/O/RS422	Modul No.	IO No.	TAG / Symbol	TAG / Symbol / Comment
INPUT	A1	I100.0	btn_inicio G1.1	Boton Arranque 1 G1
INPUT	A1	I100.1	btn_detener G1.1	Boton Paro 1 G1
INPUT	A1	I100.2	btn_inicio G1.2	Boton Arranque 2 G1
INPUT	A1	I100.3	btn_detener G1.2	Boton Paro 2 G1
INPUT	A1	I100.4	vigi_B007_01A	Vigilancia Banda B007_01A
INPUT	A1	I100.5	vigi_B007_01B	Vigilancia Banda B007_01B
INPUT	A1	I100.6	vigi_B007_02	Vigilancia Banda B007_02
INPUT	A1	I100.7	vigi_B007_07	Vigilancia Banda B007_07
INPUT	A1	I101.0	RESERVA	RESERVA
INPUT	A1	I101.1	fce_01_B007_01A	Fotocelda Banda B007_01A
INPUT	A1	I101.2	fce_01_B007_01B	Fotocelda Banda B007_01B
INPUT	A1	I101.3	fce_01_B007_02	Fotocelda Banda B007_02
INPUT	A1	I101.4	fce_01_B007_07	Fotocelda Banda B007_07
INPUT	A1	I101.5	RESERVA	RESERVA
INPUT	A2	I102.0	btn_inicio G2.1	Boton Arranque 1 G2
INPUT	A2	I102.1	btn_paro G2.1	Boton Paro 1 G2
INPUT	A2	I102.2	btn_inicio G2.2	Boton Arranque 2 G2
INPUT	A2	I102.3	btn_paro G2.2	Boton Paro 2 G2
INPUT	A2	I102.4	vigi_B007_03A	Vigilancia Banda B007_03A
INPUT	A2	I102.5	vigi_B007_03B	Vigilancia Banda B007_03B
INPUT	A2	I102.6	vigi_B007_04	Vigilancia Banda B007_04
INPUT	A2	I102.7	vigi_B007_05	Vigilancia Banda B007_05
INPUT	A2	I103.0	fce_01_B007_03A	Fotocelda Banda B007_03A
INPUT	A2	I103.1	fce_01_B007_03B	Fotocelda Banda B007_03B
INPUT	A2	I103.2	fce_01_B007_04	Fotocelda Banda B007_04
INPUT	A2	I103.3	fce_01_B007_05	Fotocelda Banda B007_05
INPUT	A2	I103.4	btn_inicio G3	Boton Arranque G3
INPUT	A2	I103.5	btn_paro G3	Boton de Paro G3
INPUT	A2	I103.6	vigi_OS1_01	Vigilancia Banda OS1_01
INPUT	A2	I103.7	fce_01_OS1_01	Fotocelda Banda OS1_01
INPUT	A3	I104.0	vigi_CA_B007_02	Vigilancia Cortina CA_B007_02
INPUT	A3	I104.1	ls_arriba CA_B007_02	Posicion Arriba CA_B007_02
INPUT	A3	I104.2	ls_abajo CA_B007_02	Posicion Abajo CA_B007_02
INPUT	A3	I104.3	fce01_CA_B007_02	Fotocelda Cortina CA_B007_02
INPUT	A3	I104.4	vigi_CA_B007_04	Vigilancia Cortina CA_B007_04
INPUT	A3	I104.5	ls_arriba CA_B007_04	Posicion Arriba CA_B007_04
INPUT	A3	I104.6	ls_abajo CA_B007_04	Posicion Abajo CA_B007_04
INPUT	A3	I104.7	fce01_CA_B007_04	Fotocelda Cortina CA_B007_04
INPUT	A3	I105.0	vigi_CA_OS1_01	Vigilancia Cortina CA_OS1_01
INPUT	A3	I105.1	ls_arriba CA_OS1_01	Posicion Arriba CA_OS1_01
INPUT	A3	I105.2	ls_abajo CA_OS1_01	Posicion Abajo CA_OS1_01
INPUT	A3	I105.3	fce01_CA_OS1_01	Fotocelda Cortina CA_OS1_01
INPUT	A3	I105.4	rel_seg_01_señal	Paro de Emergencia 01 Activo
INPUT	A3	I105.5	rel_seg_02_señal	Paro de Emergencia 02 Activo
INPUT	A3	I105.6	rel_seg_03_señal	Paro de Emergencia 03 Activo
INPUT	A3	I105.7	RESERVA	RESERVA
INPUT	A5	I106.0	rest_atasco G1	Restablecer del modo atasco G1
INPUT	A5	I106.1	rest_atasco G2	Restablecer del modo atasco G2
INPUT	A5	I106.2	rest_atasco G3	Restablecer del modo atasco G3
INPUT	A5	I106.3	RESERVA	RESERVA
INPUT	A5	I106.4	RESERVA	RESERVA
INPUT	A5	I106.5	RESERVA	RESERVA
INPUT	A5	I106.6	RESERVA	RESERVA
INPUT	A5	I106.7	RESERVA	RESERVA

END OF REPORT

Figura 2.9: Borrador de entradas para el área de Documentación

2.6. Elaboración de Diagramas de Conexión

Con todos los elementos definidos, elaboré los diagramas de conexión de cada uno de los tableros de control y fuerza, usando el estándar de símbolos gráficos de la nomenclatura Europea IEC, usando el software de ingeniería Eplan, todo lo anterior como requerimiento del cliente, especificado en la orden de compra. Los diagramas inician con la conexión de elementos de fuerza, control y por último elementos en campo, fig. 2.10.

Utilizando Eplan, inicié con la colocación de elementos, posteriormente el cableado, la designación del nombre de cada elemento, así como la declaración de las propiedades técnicas, las cuales son útiles al crear las evaluaciones del proyecto, específicamente la denominada "suma de lista de artículos", que genera el listado de cada uno de los componentes presentes en el diagrama eléctrico con sus cantidades totales. Por último, procedí a colocar el etiquetado correspondiente en los cables pertenecientes al tablero de Control y Fuerza. La elaboración de los diagramas de conexión es crucial, ya que las conexiones se verán reflejadas físicamente; tanto en el gabinete, como en los elementos de campo de cada una de las áreas, la especificación de los elementos reales y la información técnica debe coincidir en su totalidad con los diagramas eléctricos.

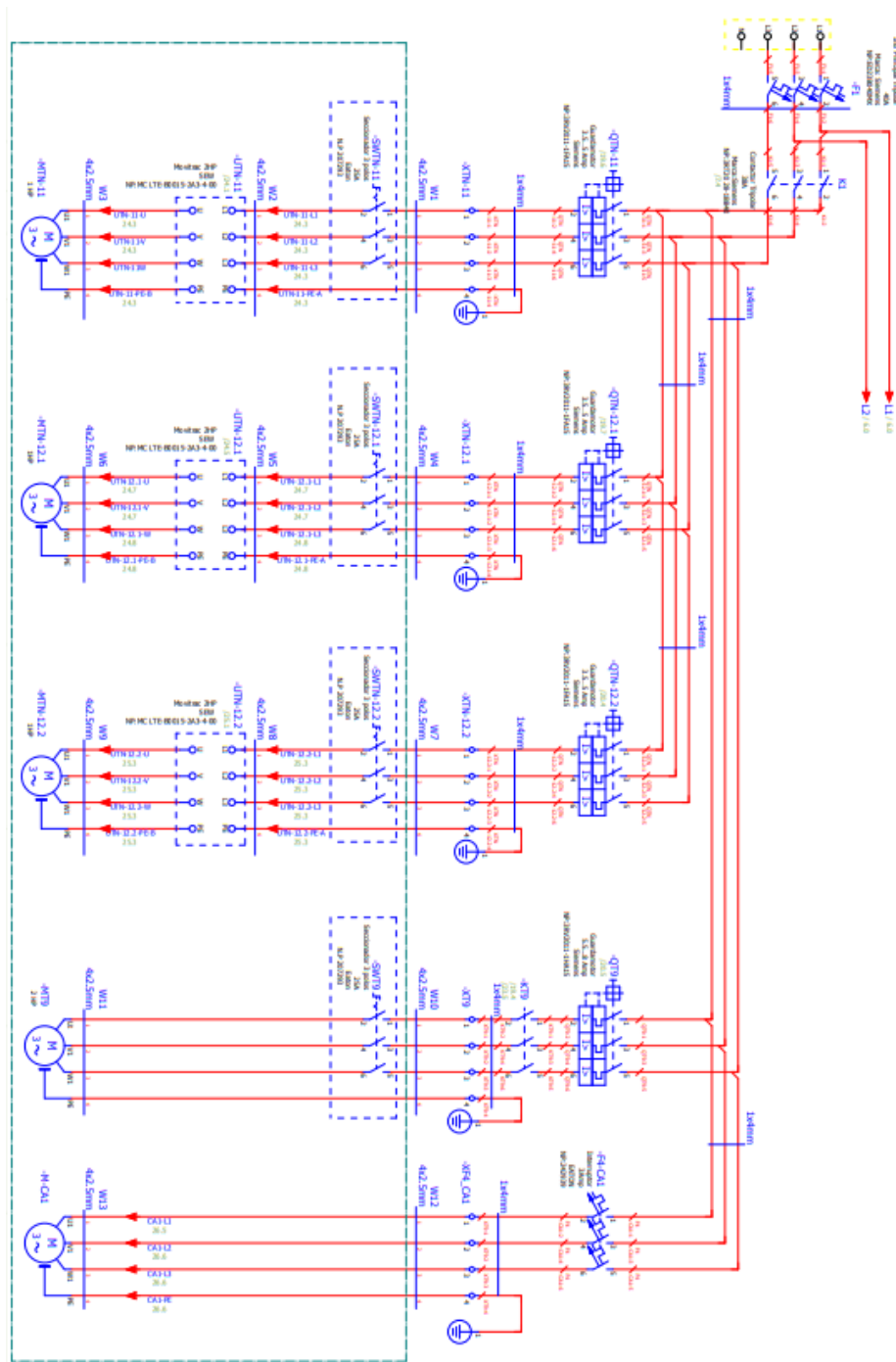


Figura 2.10: Ejemplo de diagrama de conexión de un tablero de control y fuerza. En la imagen se muestra la conexión de los elementos de protección y arranque motores trifásicos.

Una vez que terminé los diagramas de conexiones de los dispositivos, continué con el proceso de diseño del tablero de control y fuerza, el cual de manera personal realicé con base en el método de cuatro pasos de Otto [4].

- **Identificar necesidades.** Incluir todos los elementos presentes en el diagrama de conexiones.
- **Sistemas de funciones.** El tablero tienen dos partes; fuerza y control.
- **Soluciones.** Dentro de las opciones comerciales de gabinetes compactos, se seleccionan dos con base en la experiencia previa; en este paso elaboré tres propuestas para la distribución de los elementos en el tablero. Al final el proceso de selección está relacionado con precio de los gabinetes, el grado de protección IP, regida por la norma EN 60.529 [3], y sus accesorios.
- **Construcción de las soluciones.** Una vez definido el gabinete y la distribución de los elementos, se da paso al montaje y cableado, siguiendo los diagramas de conexión.

Como parte de la realización de los diagramas eléctricos, el proceso de evaluación y corrección es constante, hasta llegar a la versión final que será entregada al cliente, pueden surgir algunos cambios como propuesta del supervisor eléctrico o del cliente.

2.7. Elaboración del Programa de Control

2.7.1. Introducción

El programa es un conjunto de bloques; *Function Block* (**FB** con memoria) y *Function Block* (**FC** sin memoria) que están organizados y responden a necesidades específicas. Los FB's generan un *Data Block* (**DB**) asociado, los cuales ocupan espacio en la memoria del programa, lo que hace que su uso sea conveniente al tratarse de alguna rutina que ha de ser repetida por varios elementos. En particular los FC's albergan FB's, ya que los FC solo ejecutan las instrucciones sin usar espacio en memoria para guardar información. Al final los FC's deben ser declarados en el bloque cíclico Organisation Block, **OB1**, para que sean ejecutados. Cuando elaboré el programa,

utilicé bloques de programa FB, con funciones dedicadas estándar, acoplado el bloque de motor predefinido al sistema y funcionalidad correspondiente.

A continuación, describo el funcionamiento de cada una de las áreas del aeropuerto, señalización y particularidades. La programación de cada una de las áreas está regida por la funcionalidad explicada posteriormente.

Documentación. El sistema está compuesto por nueve transportadores, divididos en tres grupos para su control. El primer grupo marcado con color verde, el segundo con color amarillo y el tercero perteneciente al transportador denominado de "sobredimensionado", por el cual pasa el equipaje que excede las dimensiones estándar determinadas por cada aerolínea. En la instalación también se encuentra una cortina de seguridad situada en la banda de sobredimensionado fig.2.11.

En el primer grupo existen dos botoneras de Arranque/Paro, al oprimir el botón de arranque, la cortina de seguridad sube y el sistema inicia su funcionamiento en cascada, lo que significa que el movimiento se realiza de forma progresiva, comenzando con la última banda con respecto al flujo de equipaje (BN07-07), hasta llegar a la primera (BN07-01A). La segunda botonera tiene la misma función pero con un conjunto diferente de transportadores. El grupo 2 tiene dos botoneras de arranque y paro, con un funcionamiento análogo al primer grupo. La siguiente figura 2.12, representa el diagrama de flujo que sigue el encendido de las bandas, el bloque de motor al cual se hace referencia, esta representado generalmente en la figura 2.13 .

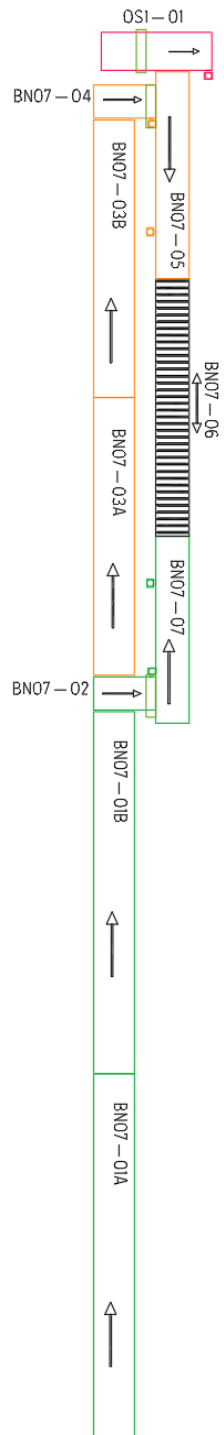


Figura 2.11: Transportadores correspondientes al área de Documentación

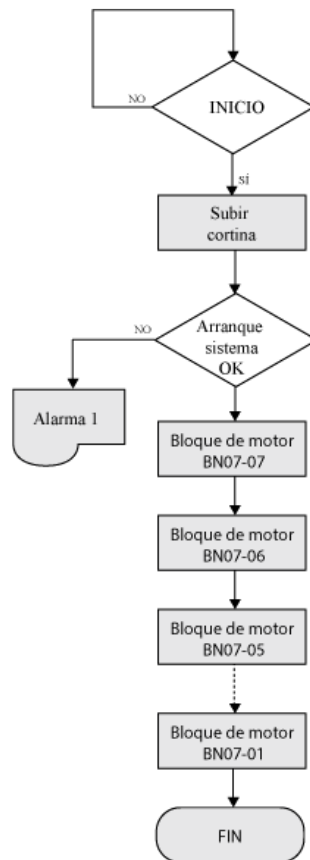


Figura 2.12: Diagrama de flujo de los motores correspondientes a la zona de Documentación. El arranque de las zonas de CED y Reclamo, es realizado en cascada, de manera análoga al de esta zona

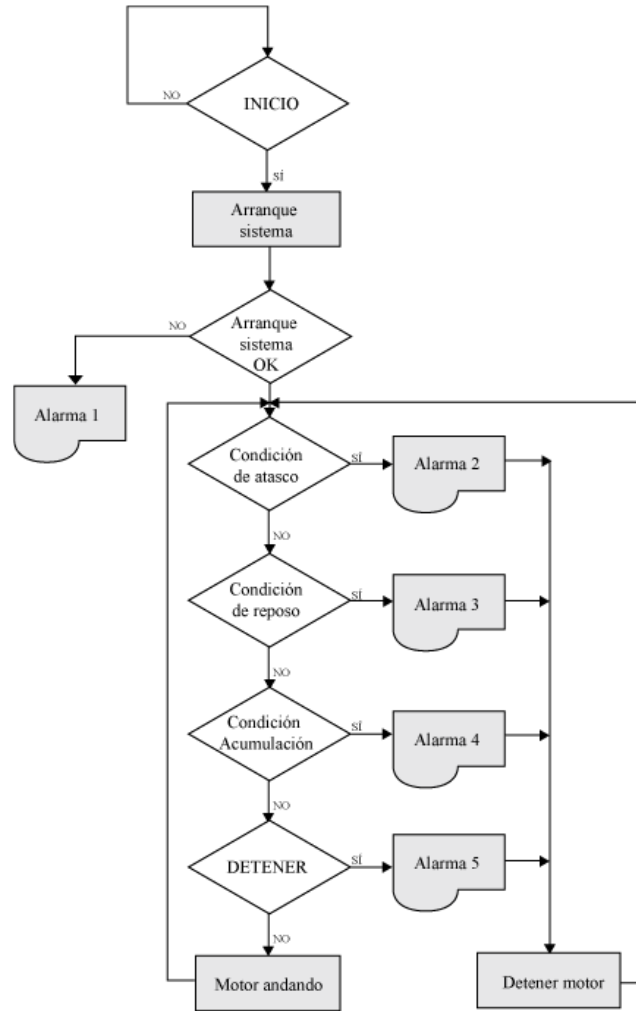


Figura 2.13: Diagrama de flujo general, correspondiente al bloque de motor

El Grupo 3 es el de sobredimensionado y está controlado por una botonera, esta acciona la banda de sobredimensionado y la cortina de seguridad de la siguiente manera; al presionar el botón de arranque, tras pasar el tiempo predefinido la cortina se abre y la banda arranca para dar paso al equipaje. La figura 2.14 muestra el bloque del FB que controla los motores.

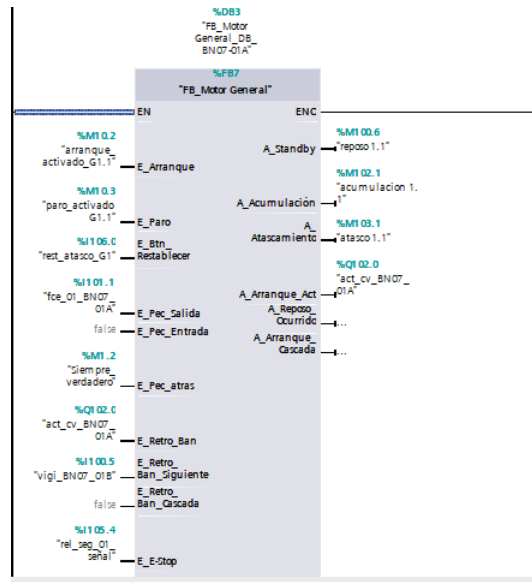


Figura 2.14: Bloque de programación, de motor para el área de Documentación. Aeropuerto Internacional de Acapulco

Control de Equipaje Documentado CED. El sistema en el área CED, está compuesto por tres bandas, un carrusel, una cortina de seguridad y cuatro líneas de inspección de equipaje, designadas por el cliente de la siguiente manera; SS1, SS2, SS3 y SS4 distribuidos de la siguiente manera, fig. 2.15:

Al indicar el inicio del funcionamiento de alguna línea de inspección; SS1, SS2, SS3 o SS4 por medio de la pantalla HMI ², fig. 2.16, la cortina sube, permitiendo a los transportadores arrancar. La línea correspondiente iniciará su operación, comenzando con la última banda, 03, hasta llegar a la primera 01. El arranque también se puede llevar a cabo simultáneamente en todas las líneas de inspección, siguiendo el orden de inicio anteriormente descrito, considerando en todo momento que las bandas que alimentan al carrusel, así como este deben estar andando.

²Human-Machine Interfac o Inerfaz Humano Máquina. Es el medio que permite al usuario interactuar con el funcionamiento del sistema

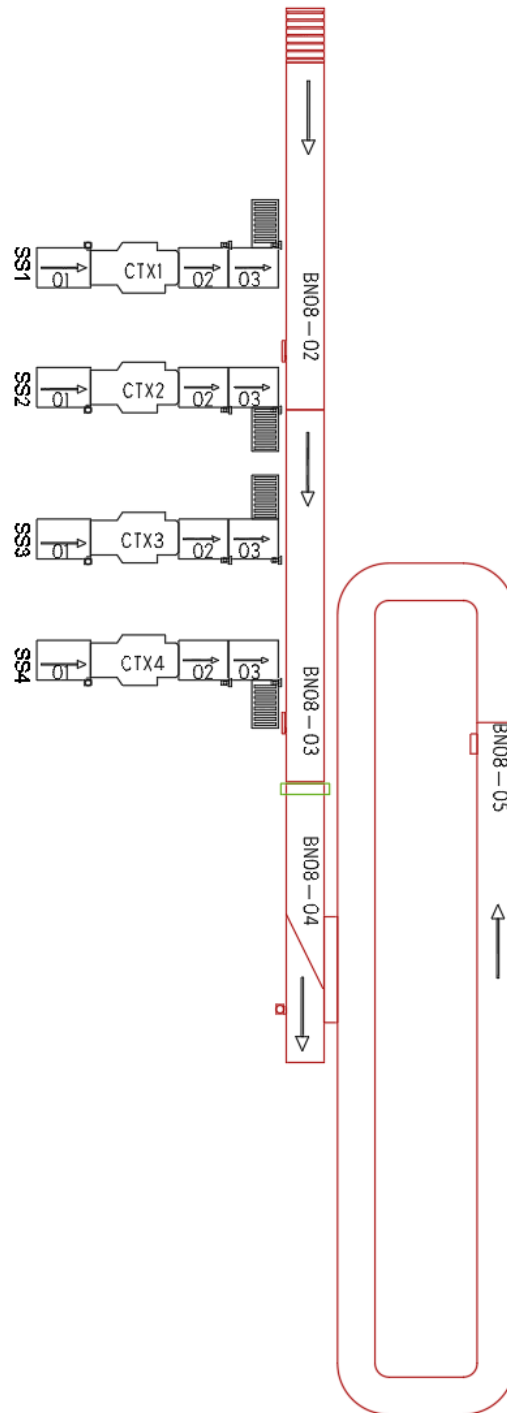


Figura 2.15: Transportadores correspondientes al área de CED



Figura 2.16: Pantalla con botones de arranque y paro por línea

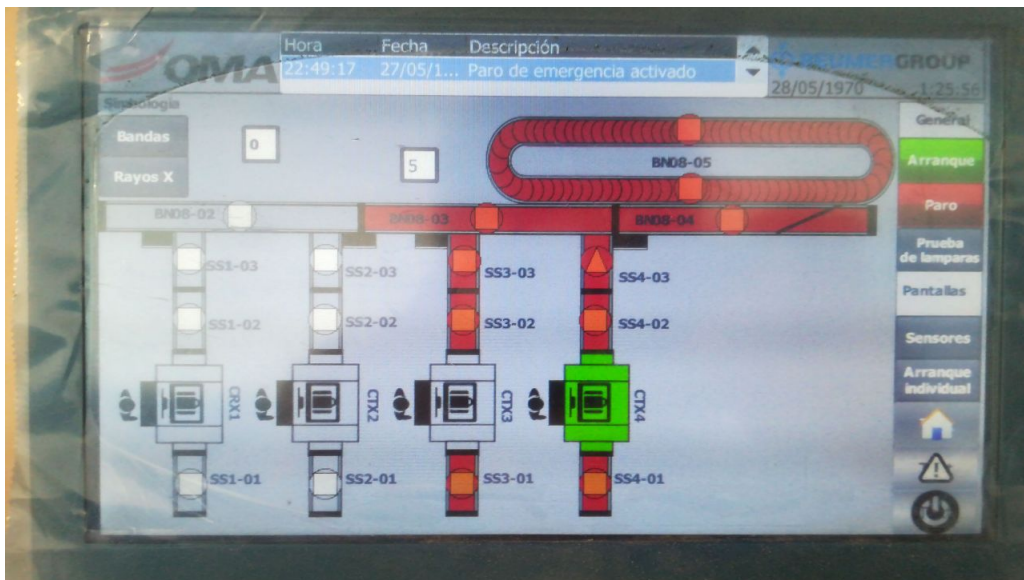


Figura 2.17: Pantalla Principal de visualización de estados, HMI

Las bandas continúan funcionando de manera normal una vez activadas, siempre y cuando

se encuentren transportando equipaje.

La banda 01 de cada línea de inspección conduce el equipaje al interior de la máquina de Rayos X, donde es escaneado con la finalidad de conocer si contiene material peligroso, de esta forma la máquina establece si la maleta debe ser revisada manualmente. Al salir de la máquina de rayos X el equipaje continúa su trayectoria, pasando por los transportadores 02 y 03 de la respectiva línea de inspección. Al llegar al final de la banda 03, la decisión de la máquina de rayos X se ve reflejada en una torreta, fig.2.18, compuesta de una baliza verde y una roja, localizada junto al transportador 03.



Figura 2.18: Torreta indicadora

La activación de la baliza verde, señala que la maleta está libre de elementos peligrosos y puede seguir su recorrido a través de las bandas restantes. Por el contrario, la baliza roja encendida indica que la máquina de rayos X ha detectado algún objeto sospechoso y su contenido debe ser sujeto a una inspección visual y/o manual por parte del operador.

Cuando la máquina de rayos X determina que es necesaria la revisión manual del equipaje, este llega al transportador 03 que es detenido para proceder con la inspección. Existe un botón iluminado perteneciente a la línea de inspección, la luz roja del botón es activada en sincronía con la baliza roja. Una vez terminada la revisión manual, el operador debe liberar la maleta presionando el botón pulsador iluminado, lo que permite al transportador 03 seguir andando. La luz roja perteneciente al botón iluminado es apagada al liberar la maleta.

Reclamo de Equipaje Nacional e Internacional. El área de reclamo se encuentra dividida en cuatro grupos; tres de ellos conformados por dos bandas, un carrusel y una cortina de seguridad cada uno, de los cuales dos corresponden al área de Reclamo de Equipaje Nacional y uno a Reclamo de Equipaje Internacional. El grupo restante corresponde a dos bandas de sobredimensionado con una cortina de seguridad en cada una de ellas.

El área de Reclamo de Equipaje Nacional e Internacional es controlada por cinco tableros, tres de ellos comandan dos bandas, un carrusel y una cortina de seguridad. Los dos tableros restantes corresponden a las bandas de sobredimensionado. Cada tablero cuenta con botones de arranque y paro para activar o detener sus respectivos transportadores. Al presionar el botón verde de arranque en alguno de los tableros la cortina perteneciente al grupo activado sube y las bandas arrancan en cascada empezando por el carrusel, hasta el transportador 01.

Cada área cuenta con los elementos pertinentes de seguridad, en caso de que un botón de paro de emergencia sea presionado, este queda enclavado y el sistema es detenido inmediatamente. En el tablero, se enciende la luz de un botón rojo, que indica un Paro de Emergencia activo; el procedimiento para restablecer el sistema comienza desenclavando el botón, posteriormente es necesario dirigirse al tablero y presionar el botón iluminado, para rearmar [7] el relevador de seguridad asociado.

Cada área tiene torretas que son auxiliares para visualizar el estado del sistema, con excepción de la zona de Control de Equipaje Documentado, la cual tiene un panel en donde se visualiza el estado de cada banda y el estado de los sensores presentes, fotoceldas, instalados en cada uno de los transportadores. (Fig. 3.9, Fig. 3.14).

Todas las bandas funcionan bajo un par de funciones especiales, que están programadas en bloques estándar que se utilizan para la programación. Son tres funciones especiales: detección de atascamiento, modo de reposo y modo acumulación de equipaje.

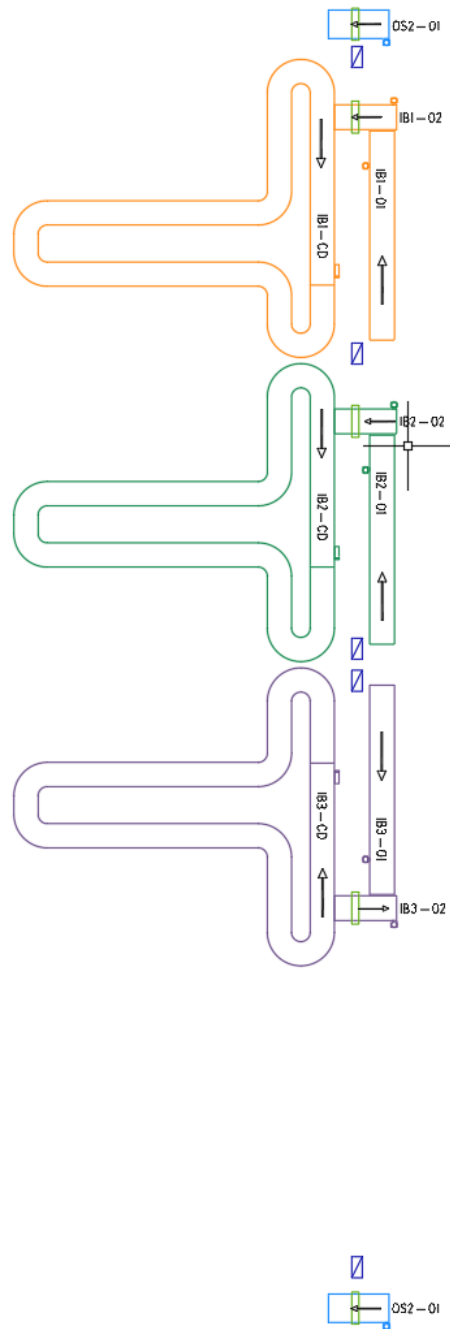


Figura 2.19: Área de Reclamo de equipaje Nacional e Internacional

El sistema es capaz de detectar cuando el equipaje o algún objeto que recorre las bandas se ha atascado, al estar interrumpido el sensor instalado (fotocelda), por más tiempo del que requiere el equipaje estándar. La marcha del transportador se interrumpe y se genera una alarma, para darle a conocer al operador que se ha producido un problema por el que la banda se ha detenido. Este es el funcionamiento de la detección de equipaje.

En el modo de Reposo o Ahorro de Energía, los transportadores dejan de funcionar una vez transcurrido un intervalo de tiempo determinado, que va desde los 30 (s) hasta 5 (min), y está en función de la longitud de la banda y de los requerimientos del cliente. Las bandas son puestas en marcha cuando el haz de luz de las fotoceldas es interrumpido, al pasar un objeto a través de una fotocelda, la banda posterior se pone en marcha.

El modo Acumulación, depende de que el transportador siguiente, con respecto a una banda 'x' este andando, en caso de que este detenido, la banda 'x' interrumpirá su movimiento cuando su fotocelda este interrumpida.

Para el área de Documentación y de Reclamo, en el OB1 del programa, están declarados los FC's que monitorean las condiciones necesarias para arrancar el sistema, dentro de esos FB's están los bloques de programación estándar en donde están programadas las funciones descritas en el párrafo anterior. Cada una de estas funciones puede ser modificada de acuerdo a las necesidades del cliente, o del sistema, variando, por ejemplo el tiempo de tolerancia para el cruce de maletas, o el tiempo que puede estar funcionando el sistema sin que haya equipaje circulando por las bandas. Después están las funciones de alarmas; indicación de Paro de Emergencia, sobrecarga en alguno de los motores, o atascamiento en alguna banda.

En la zona de Control de Equipaje Documentado, además de los bloques mencionados anteriormente, son incorporadas funciones especiales para realizar el seguimiento de equipaje posterior a su paso por las máquinas de rayos X. La máquina envía un telegrama, vía serial usando el protocolo RS-232, transmitido hacia el PLC, que contiene información acerca de la calificación de la maleta a su paso por la máquina; sospechosa o no, estos datos son utilizados en el programa de control, para el control de las bandas. La máquina de Rayos X también envía las siguientes señales binarias de su estado:

- Máquina lista, indica que la máquina está energizada, y funcionando correctamente.
- Lista para maleta, este bit es 0 cuando la máquina esta en estado de falla.
- Maleta lista para salir
- Transportador andando
- Sentido del transportador

Las señales enviadas desde el PLC hacia la máquina de rayos X:

- Transportador de salida de la máquina sin fallas
- Maleta en espera
- Señal que le indica a la máquina que ha de entrar en estado de reposo

La integración de cuatro líneas de inspección requirió de un PLC por cada dos máquinas, lo que hace necesario la implementación de un switch ³ para integrar los dos PLCs, a los cuales se hace alusión como 'esclavos', la topología de red es análoga a la mostrada en la siguiente imagen.

³Dispositivo que interconecta dos o más partes de una red, funcionando como un puente que transmite datos de un segmento a otro

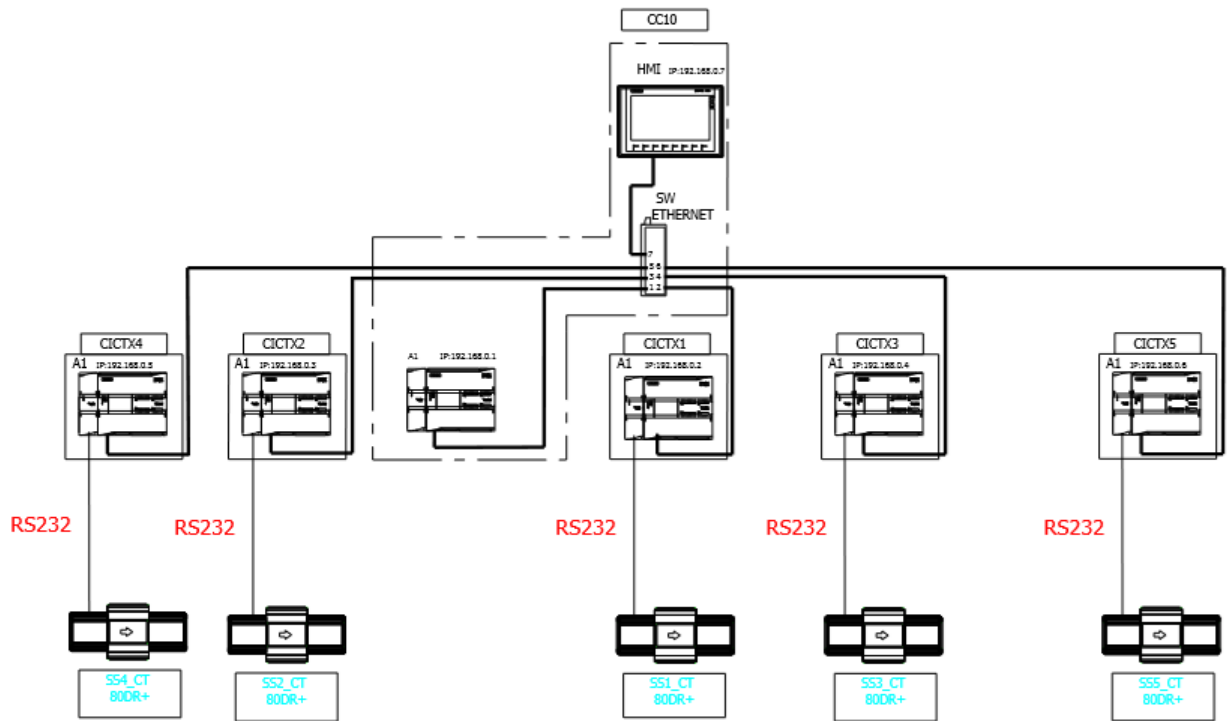


Figura 2.20: Imagen ilustrativa de la topología de red, usada para la integración de cuatro líneas de inspección

Al finalizar la programación de cada uno de los eventos, realicé la documentación necesaria para el cierre del proyecto; manuales de funcionamiento, FDS por sus siglas en inglés, elementos de apoyo visual y recopilación de la información final para ser entregada al cliente.

ASUR
AFROPIJFRTOS DF1 SURFSTF

ARRANQUE Y PARO

• Lado Aire

Pulsar el botón verde

Pulsar el botón rojo

• Área de Inspección

Pulsar el botón verde 3 segundos para arrancar el sistema

Pulsar el botón rojo 3 segundos para apagar por completo el sistema

ALARMAS

- Luz verde parpadeante y sonido: Sistema por arrancar, la primera banda comienza a funcionar.
- Luz roja permanente: Existe un Paro de Emergencia activo; es necesario desenclavarlo y presionar el botón con luz roja en el tablero y arrancar el sistema.
- Rojo parpadeante con sonido rápido: Hay algún elemento atascado en alguna banda. Posteriormente a eliminar el atascamiento presionar el botón verde.
- Rojo parpadeante y sonido intermitente lento. Llame a mantenimiento Beumer. (Falla por sobrecarga)
- Rojo permanente y sonido después de arrancar el sistema. Llame a mantenimiento Beumer. (Falla al arranque)

CONTROL ÚLTIMA BANDA

Detiene la última banda, pulsando el botón rojo

Para evitar atascamientos a la entrada de la máquina de Rayos X, es necesario detener la última banda, cuando el transportador de la máquina no este andando. Arrancar la banda, cuando el transportador de la máquina este activo nuevamente.

Arranca la última banda, presionando el botón verde.

PRECAUCIÓN
Si la luz verde está encendida y las bandas no están andando, el sistema está en Estado de Reposo. No caminar por los transportadores

BEUMERGROUP

Figura 2.21: Ejemplo de material de ayuda visual, generada para los operadores del sistema

Capítulo 3

Puesta en Marcha Aduanas Aeropuerto Internacional de Cancún, Terminal 4

3.1. Introducción

El Aeropuerto Internacional de Cancún está operado por Grupo Aeroportuario del Sureste, **ASUR**. La recientemente inaugurada Terminal 4 representa aproximadamente el 43 % [2] del flujo total de pasajeros del Aeropuerto.

La zona de Aduanas, posterior a la inauguración de la terminal, se encontraba operando con Máquinas de Rayos X móviles, dentro de un vehículo operado por el Servicio de Administración Tributaria **SAT**. La integración que realicé, consta de ocho líneas de inspección de equipaje, cada una cuenta con un máquina de Rayos X, utilizada por los operadores que se encargan de marcar el equipaje sospechoso.

Las instalaciones constan de bandas que transportan el equipaje hacia la máquina de rayos

X, después de pasar por la máquina son inyectados a un carrusel, en donde los pasajeros pueden reclamar su equipaje. La zona de aduanas está dividida en dos áreas, Inspección y Lado Aire. Como se aprecia en el siguiente diagrama 3.1. El flujo de maletas comienza del Lado Aire, en donde el personal de las aerolíneas, coloca el equipaje sobre las líneas de inspección, recibe este nombre porque es contigua a la pista de aterrizaje.

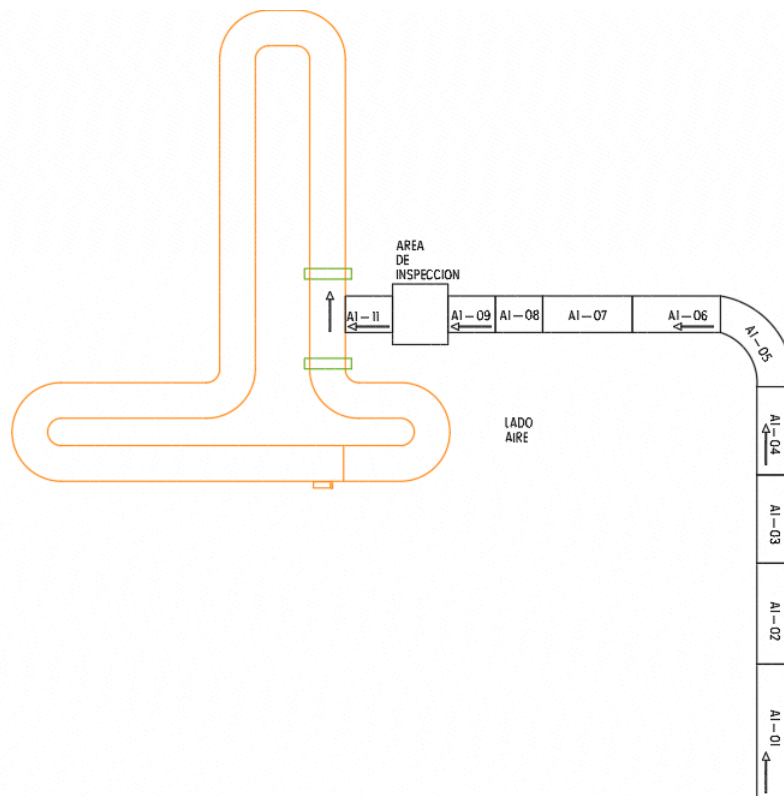


Figura 3.1: Diagrama que ilustra el área de Inspección y el Lado Aire

3.2. Puesta en Marcha del Sistema

Cada línea de inspección, cuenta con dos botoneras de arranque y paro, una del lado Aire y otra presente en el área de Inspección, al presionar el botón del lado Aire, el sistema enciende. En el lado de Inspección es necesario mantener presionado el botón durante 3 segundos y liberarlo,

para que el sistema pueda iniciar. La particularidad de este sistema, es que la máquina de rayos X no tiene comunicación con el sistema de control, por lo que se implementé una adaptación para los operadores; la botonera del lado de Inspección cumple con dos funciones; arrancar el sistema y controlar la última banda, la que inyecta equipaje al carrusel de reclamo, en la fig3.1, el transportador A1-11 . El operador con un pulso en el botón rojo puede detener la ultima banda en caso de ser necesario, poniéndola en funcionamiento de nuevo al pulsar el botón verde.

Con respecto a la metodología que seguí para la puesta en marcha del sistema, puede ser englobada en los siguientes puntos:

- Verificación de la instalación del equipo de Control en el tablero, conjuntamente con el equipo eléctrico.
- Descarga del programa de control al PLC, configuración de hardware.
- Verificación de las señales de Entrada y Salidas digitales.
- Verificación de la funcionalidad de los transportadores, según las necesidades del cliente.
- Presentación del sistema funcional y vigilancias del sistema funcionando con equipaje.
- Entrega de documentación.

Después de que descargué el programa al PLC y configuré el Hardware, en tablero y en campo (variadores de Frecuencia [6]), y que tanto el PLC como las tarjetas de entradas y salidas digitales se encuentren funcionando correctamente, verifiqué que cada señal fuera congruente, con la dirección asignada en el programa y en el borne correspondiente del PLC o tarjeta. Este proceso queda asentado en la documentación del proyecto.

Posteriormente a la verificación de entradas y salidas, procedí a la comprobación de las funciones principales de los transportadores. Como primer paso, el arranque en cascada del sistema, para evitar un consumo de corriente excesivo, desde la última banda hasta llegar a la primera; de A1-11 hasta A1-01 tomando como referencia la fig. 3.1. Mediante un temporizador cada FB, asociado a un transportador, tiene un tiempo diferente de arranque.

Modifiqué las funciones especiales de los transportadores conforme a las necesidades del sistema. Posteriormente realicé la comprobación del funcionamiento en cada una de las bandas, este proceso también quedó asentado en un documento como respaldo del proyecto.

Cuando realicé la primera prueba con cajones de plástico pasando por las bandas, había dos problemas importantes; la banda de la máquina de rayos X tenía una velocidad inferior a la banda de entrada, por lo que los cajones empezaban a acumularse a la entrada de la máquina, comprometiendo el funcionamiento del sistema. Para darle solución a este problema, implementé este bloque, que sirve como separador de maletas y que retarda el tiempo de arranque de la banda anterior a la máquina de rayos X.

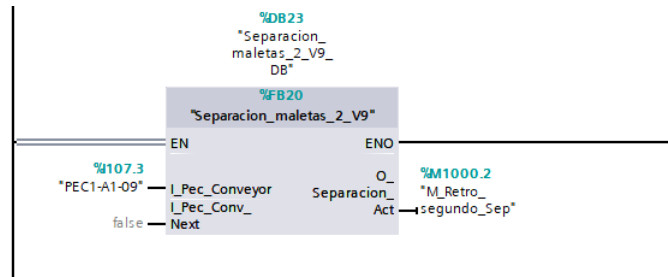


Figura 3.2: FB que retrasa el arranque de la banda anterior a la máquina de rayos X

La inyección de equipaje en el carrusel no se realizaba correctamente y las maletas producían atascamientos que los operadores debían liberar, para solucionar este problema, se creó un bloque que detecta cuando existe un espacio libre para que la maleta pueda ser liberada en el carrusel. Posterior a que comprobé el correcto funcionamiento de la primera y segunda línea de inspección de equipaje, procedí a realizar todos los pasos anteriores con las seis líneas restantes.

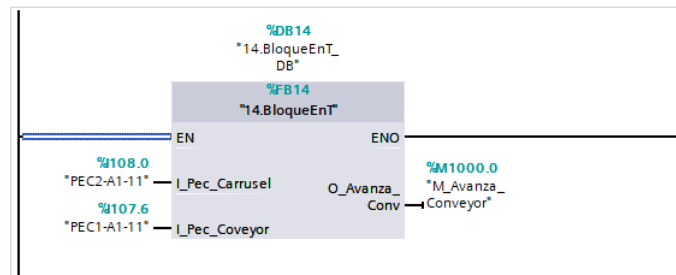


Figura 3.3: FB que vigila cuando existe un espacio disponible en el carrusel para poder ingresar una maleta

Capítulo 4

Resultados

4.1. Control de Equipaje Documentado del Aeropuerto Internacional de Acapulco

Con respecto a las fases del proyecto que llevé a cabo, los procesos que van desde el concepto del proyecto hasta la construcción de los tableros, se llevaron a buen término, los cálculos de los elementos del tablero, así como la adquisición de los elementos de campo, fueron satisfactorios. Con respecto a la programación, se modificó por el Ing. de Control que participó en la puesta en marcha del sistema, haciendo las modificaciones pertinentes dentro de los bloques de programación. El trabajo que se realizó en la puesta en marcha en sitio se llevó a cabo en obra civil nueva.

Se muestran como evidencia, los tableros de control y fuerza terminados, de los cuales me encargué del diseño y supervisión de la construcción fig.4.1 y fig.4.2.



Figura 4.1: Tablero área de CED



Figura 4.2: Tablero área de Documentación (izq.) Tablero área de Reclamo (der.)

4.2. Puesta en Marcha Aduanas Aeropuerto Internacional de Cancún Terminal 4

En este proyecto en específico los tiempos de entrega exigidos por el cliente fueron muy cortos, los requerimientos con respecto al sistema también representaron un gran reto. Con los elementos que se habían definido en un inicio se dio solución a problemáticas generadas debido a la falta de comunicación de la máquina de rayos X con el sistema principal de control. Otro factor que enfrenté en conjunto con mi equipo de trabajo fue la mala implementación de la parte mecánica, ya que la falta de contemplación de variadores de frecuencia en transportadores críticos producía que el frenado y encendido de los motores, por medio de los contactores, tuviera lugar en tiempos muy cortos, lo que producía sobrecargas que activaban la protección de los guardamotors. La solución que se implementó para este problema, fue la modificación de la función de Acumulación de equipaje. En un inicio la función original opera así: una vez detenida la banda debido a que se produjo la acumulación, el transportador vuelve a andar al cambiar el estado de la fotocelda, sin considerar si la banda siguiente está andando o no. La modificación realizada radica en enclavar el estado de acumulación hasta asegurar que la banda siguiente está andando durante un intervalo de tiempo.

La programación fue satisfactoria para nuestro cliente, y los operadores del SAT quedaron conformes con el funcionamiento de las bandas, recibieron capacitación del funcionamiento del sistema mientras realicé las vigilancias del funcionamiento de las líneas de inspección. La capacidad de procesamiento de maletas se vio mejorada, al pasar de 8 maletas por minuto usando la camioneta equipada con un dispositivo de rayos X, a 10 maletas por minuto, después de que el sistema de bandas se implementó. Las siguientes imágenes muestran el área de Aduanas de Terminal 4.



Figura 4.3: Puesta en marcha Aduanas Terminal 4.



Figura 4.4: Aduanas, área de inspección, Aeropuerto Internacional de Cancún. Terminal 4



Figura 4.5: Aduanas. Lado aire, Aeropuerto Internacional de Cancún. Terminal 4

Capítulo 5

Conclusiones

Con respecto a ambos proyectos, la importancia de llevar a cabo cada etapa de manera cuidadosa, revisando y analizando cálculos, asegura que el retrabajo y el tiempo de compra-adquisición de materiales posteriores se reduzca, además asegura que el tiempo estimado para la realización del proyecto se ajuste en la mayor parte posible al tiempo real de ejecución del mismo. Los materiales, calculados en tablero y en campo fueron adquiridos a tiempo por el departamento de compras, todo respetando los tiempos establecidos dentro de la planeación del proyecto, la distribución de los tableros fue aprobada por el encargado del proyecto.

En las fases de las que fui responsable, pude observar que el trabajo en equipo y la comunicación entre los integrantes, en especial con el grupo de eléctricos a cargo, es vital, ya que la retroalimentación es necesaria para llevar a buen término los proyectos, ya que ellos cuentan con la experiencia y los conocimientos técnicos necesarios para hacer sugerencias de mejora.

Escribí el programa apegándome al funcionamiento requerido por el cliente, de forma clara y entendible para que el ingeniero encargado de la puesta en marcha, no tuviera problemas con la implementación del mismo. Con respecto al lenguaje KOP⁴ o de escalera, los conocimientos adquiridos en la facultad, fueron una base sólida para escribir el programa usando este lenguaje.

⁴del Alemán; Kontaktplan

Con respecto al desarrollo y la planeación del proyecto, es en escala macro el reflejo de los proyectos desarrollados a lo largo de la carrera. Por otro lado, a pesar de que los cálculos realizados, llegan a ser tan familiares que resultan monótonos, es importante recalcar y recordar la base teórica de los mismos, ya que sustentan toda la fase de potencia de los tableros. La correcta interpretación de hojas de especificaciones de los elementos seleccionados también es muy importante, ya que el elemento debe cumplir ciertas características, con respecto a estas seleccioné la mejor opción, considerando los parámetros que el cliente establece.

Para la puesta en marcha en el Aeropuerto Internacional de Cancún AIC, los objetivos se vieron cumplidos, con las modificaciones necesarias en la programación, y aunque el sistema pudo haber tenido un mejor desempeño, el presupuesto necesario y la planeación de nuestro contratante, supusieron un impedimento para lograr las mejoras posibles.

Apéndice A

Anexos

Los programas que comandan el funcionamiento de las bandas para ambos proyectos fue desarrollado en el programa TIA Portal en su versión 14, la interfaz ofrece un entorno unificado de programación y visualización.

A.1. Entorno de programación y funciones especiales

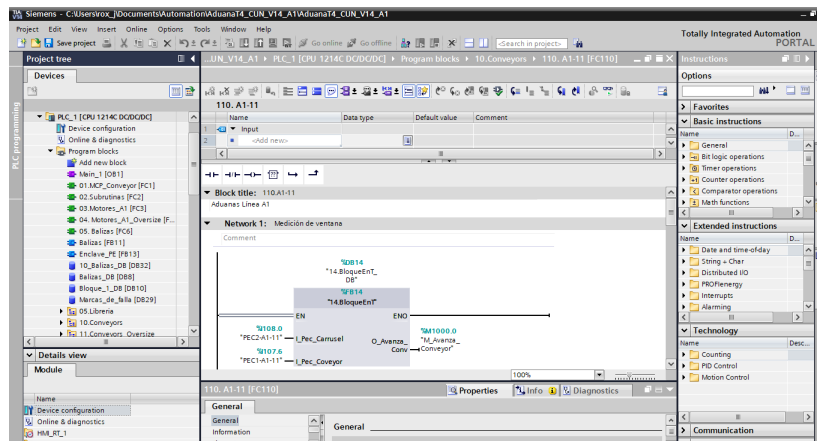


Figura A.1: Vista del proyecto en TIA Portal V14

Los bloques de programación estándar, contienen las funciones especiales de los transportadores anteriormente descritas; ahorro de energía, detección de atascamiento y acumulación de equipaje.

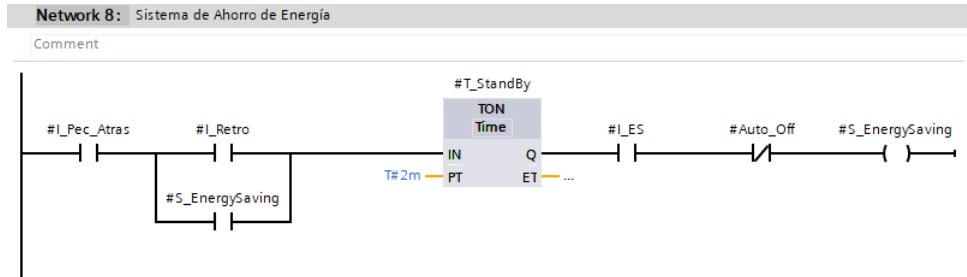


Figura A.2: Programación de funciones especiales: Ahorro de energía

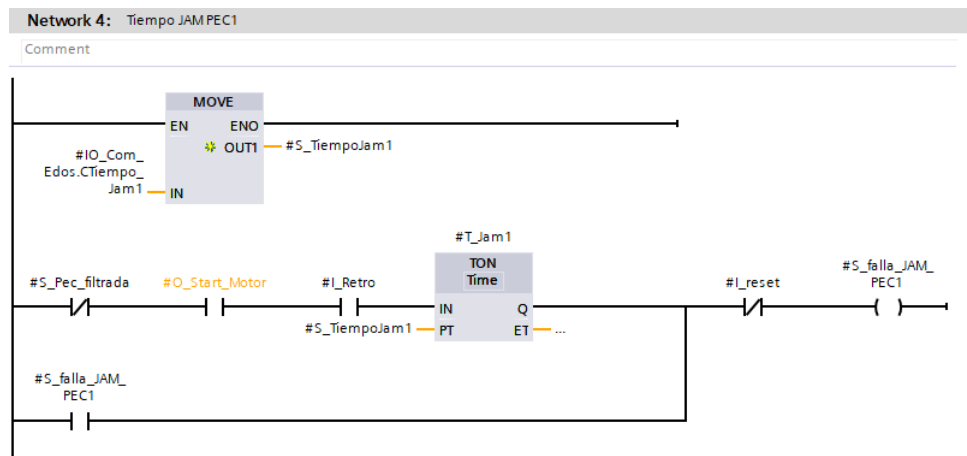


Figura A.3: Programación de funciones especiales: Detección de atascamiento

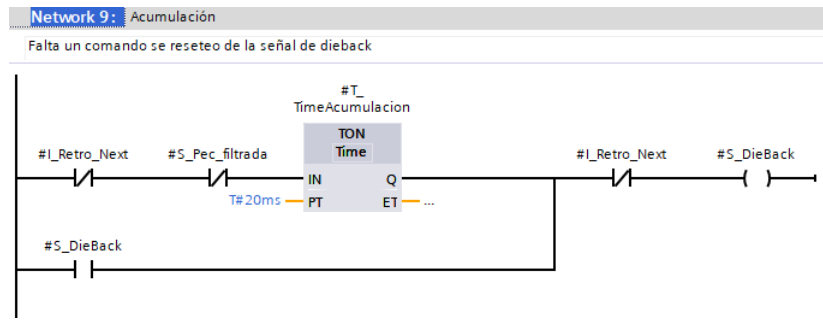


Figura A.4: Programación de funciones especiales: Acumulación de equipaje

A.2. Bloques de programación

Cada sistema tiene necesidades diferentes, sin embargo, la estructura general del programa tiende a ser similar, se programan funciones específicas dedicadas, pero la jerarquía primaria permanece casi intacta. El bloque **OB1** alberga todas las funciones a ser ejecutadas cíclicamente.

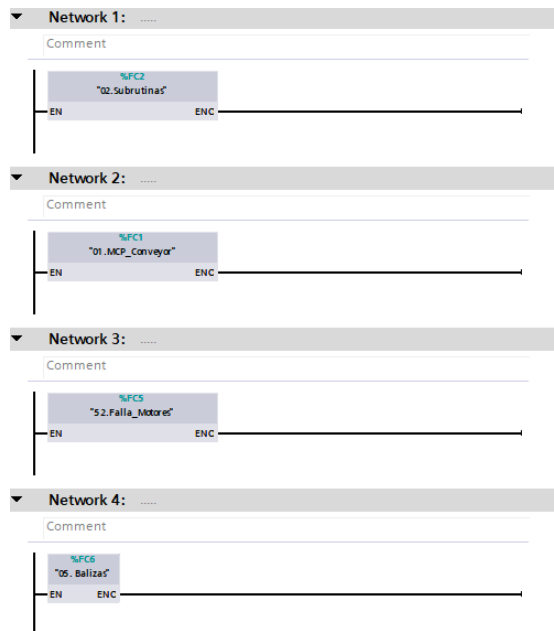


Figura A.5: Funciones declaradas en el bloque OB1

A su vez los FC's que se ejecutan en el bloque OB1 tienen declaradas otras funciones o algún FB, en el siguiente esquema se muestra la estructura general del programa de la zona de Aduanas del AIC, Terminal 4.



Figura A.6: Estructura general del programa Aduanas T4

Índice de figuras

1.1. Organigrama AR Mechatronics Services	7
2.1. Área de mostradores o Documentación de Equipaje	11
2.2. Área Inspección de Equipaje Documentado	12
2.3. Área Reclamo de equipaje	13
2.4. Distribución de las bandas del Aeropuerto Internacional de Acapulco	13
2.5. Imagen ilustrativa de un tablero de control y fuerza	14
2.6. Ejemplo de un Manifiesto de Motores por parte del Cliente	16
2.7. Distribución esquemática de un Tablero de Control y Fuerza	18
2.8. Ejemplo funcionalidad de torretas en campo	19
2.9. Borrador de entradas para el área de Documentación	22
2.10. Ejemplo de diagrama de conexión de un tablero de control y fuerza. En la imagen se muestra la conexión de los elementos de protección y arranque motores trifásicos. . .	24
2.11. Transportadores correspondientes al área de Documentación	27

2.12. Diagrama de flujo de los motores correspondientes a la zona de Documentación. El arranque de las zonas de CED y Reclamo, es realizado en cascada, de manera análoga al de esta zona	28
2.13. Diagrama de flujo general, correspondiente al bloque de motor	29
2.14. Bloque de programación, de motor para el área de Documentación. Aeropuerto Internacional de Acapulco	30
2.15. Transportadores correspondientes al área de CED	31
2.16. Pantalla con botones de arranque y paro por línea	32
2.17. Pantalla Principal de visualización de estados, HMI	32
2.18. Torreta indicadora	33
2.19. Área de Reclamo de equipaje Nacional e Internacional	35
2.20. Imagen ilustrativa de la topología de red, usada para la integración de cuatro líneas de inspección	38
2.21. Ejemplo de material de ayuda visual, generada para los operadores del sistema	39
3.1. Diagrama que ilustra el área de Inspección y el Lado Aire	41
3.2. FB que retrasa el arranque de la banda anterior a la máquina de rayos X	43
3.3. FB que vigila cuando existe un espacio disponible en el carrusel para poder ingresar una maleta	44
4.1. Tablero área de CED	46
4.2. Tablero área de Documentación (izq.) Tablero área de Reclamo (der.)	46
4.3. Puesta en marcha Aduanas Terminal 4.	48

4.4. Aduanas, área de inspección, Aeropuerto Internacional de Cancún. Terminal 4	48
4.5. Aduanas. Lado aire, Aeropuerto Internacional de Cancún. Terminal 4	48
A.1. Vista del proyecto en TIA Portal V14	51
A.2. Programación de funciones especiales: Ahorro de energía	52
A.3. Programación de funciones especiales: Detección de atascamiento	52
A.4. Programación de funciones especiales: Acumulación de equipaje	53
A.5. Funciones declaradas en el bloque OB1	53
A.6. Estructura general del programa Aduanas T4	54

Bibliografía

- [1] Stephen J. Chapman. *Máquinas eléctricas*. McGraw Hill, 2000, pág. 465. ISBN: 97-8958-410-0566.
- [2] *El aeropuerto de Cancún estrena ampliación de 3,412 millones de pesos*. URL: https://expansion.mx/nacional/2017/10/31/la-inversion-de-la-terminal-4-del-aeropuerto-de-cancun-es-de-3-412-mdp?internal_source=PLAYLIST. (accessed: 21.05.2018).
- [3] Guzmán Díaz González, Arsenio Barbón Álvarez y Javier Gomez-Aleixandre Fernandez. *Variación de la velocidad de los motores eléctricos*. Universidad de Oviedo. Servicio de Publicaciones, pág. 279. ISBN: 84-8317-298-4.
- [4] Mauricio Guerrero, Bernabé Hernandis y Bergoña Agudo. “Estudio comparativo de las acciones a considerar en el proceso de diseño conceptual desde la ingeniería y el diseño de productos”. En: *Revista chilena de ingeniería* 22.3 (2014), pág. 401.
- [5] *Guía de soluciones de automatización*. Cap. 4, 'Arranque y Protección de Motores CA', pág. 62.
- [6] *Instrucciones de funcionamiento MOVITRAC LTE-B*.
- [7] *PNOZ X safety relays. Application Manual*. Págs. 2.1/31.
- [8] *S7-1200 Easy Book*, pág. 18.