

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Diseño de un Sistema de Automatización y Registro de
Corriente para el Proceso de Anodizado de COOPESA R.L.

Estudiante

Richard Rodríguez Fonseca

Tesis para optar por el grado académico de
Bachiller en Ingeniería Electrónica

Año 2016

San José, Costa Rica

Contenido

Tabla de Ilustraciones	5
1. CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.1. Antecedentes	6
1.2. Justificación.....	9
1.3. Descripción del problema	11
1.3.1. Control y prevención de la corrosión	12
1.4. Problema.....	13
1.5. Objetivos	14
1.5.1. Objetivo General.....	14
1.5.2. Objetivos Específicos	14
1.6. Variables	14
1.7. Alcances	14
1.8. Limitaciones	15
2. CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO	16
2.1. Control de Corrosión	19
2.1.1. <i>CONTROL Y PREVENCIÓN GENERAL DE LA CORROSIÓN</i>	19
2.2. Tipos de Corrosión.....	20
2.3. Agentes Corrosivos	20

2.1.	Anodizado	23
2.2.	Determinación de la capa anódica	30
2.3.	Automatización Industrial	31
2.4.	Ingeniería en automatización y control industrial	32
2.5.	Regulación automática.....	33
2.6.	Sistemas de Control	33
2.7.	Controlador Lógico Programable (PLC)	34
2.8.	Antecedentes de proyectos semejantes.....	36
2.9.	Sensor de corriente ACS712	38
3.	CAPÍTULO 3: MARCO METODOLOGICO	39
3.1.	Tipo de investigación	39
3.1.1.	Finalidad. Aplicada.	39
3.1.2.	Dimensión temporal. Transversal.	40
3.1.3.	Marco. (Micro).....	40
3.1.4.	Naturaleza (Cuantitativa y Cualitativa).....	41
3.1.5.	Carácter (Proyecto)	42
3.2.	Diseño metodológico.....	42
3.2.1.	Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.	42
3.2.2.	Metodología para la implementación del proyecto.....	46

3.2.3. Metodología de control	48
4. CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO	50
4.1. Determinación de la situación actual (diagnóstico, causa, situación) ..	50
4.2. Recolección de datos	62
4.2.1. Entrevista (No estructurada)	62
4.2.2. Observación	63
4.3 Desarrollo de maqueta de simulación del proceso	71
5. CAPÍTULO 5: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	74
5.1. Propuesta 1	74
5.2. Propuesta 2	75
5.3. Propuesta 3	77
5.4. Programación en PLC de la propuesta	80
5.5. Programación sensor de corriente ACS712	104
5.5. Programación tarjeta SD	105
5.6. Costos-Beneficio	106
6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
RECOMENDACIONES	111
7. CAPÍTULO 7. BIBLIGRAFÍA	112
8. CAPÍTULO 8. ANEXOS	113
Manual paso a paso de utilización del sistema	113

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1: Organigrama General Estructural	8
Ilustración 2: Hangares A y B	9
Ilustración 3: Boeing 747	12
Ilustración 4: Dispositivo de registro de corriente (Máquina de Anodizado de Coopesa).....	50
Ilustración 5: Planta de Anodizado - Sección Longitudinal Coopesa.....	51
Ilustración 6: Planta de Anodizado - Temperatura – Coopesa	52
Ilustración 7: Tanque 1 (Limpieza alcalina) – Planta de Anodizado – Coopesa	53
Ilustración 8: Máquina aplicación de corriente - Planta de Anodizado de Coopesa ..	55
Ilustración 9: Tanque 1 (Limpieza Alcalina) – Coopesa	56
Ilustración 10: Tanque 2 (Lavado) – Coopesa.....	57
Ilustración 11: Tanque 3 (Desoxidación) – Coopesa.....	58
Ilustración 12: Lavado – Coopesa	59
Ilustración 13: Tanque 5 (Anodizado) - Coopesa	60
Ilustración 14: Tanque 6 (Lavado) – Coopesa.....	60
Ilustración 15: Tanque 1 (Limpieza alcalina) – Planta de Anodizado – Coopesa.....	64
Ilustración 16: Banda transportadora (Mecanismo de Movimiento) – Motor (Movimiento Vertical) – Coopesa	65
Ilustración 17: Banda Transportadora (Mecanismo de movimiento) - Movimiento Horizontal - Coopesa.....	66
Ilustración 18: Plataforma para movimiento horizontal - Coopesa	67
Ilustración 19: Planta de anodizado - Coopesa.....	69
Ilustración 20: Formato de Proceso de Anodizado - Coopesa	70
Ilustración 21: Anodizado	114
Ilustración 22: Determinación de la capa anódica	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 23: Red de Comunicación Industrial.	114
Ilustración 24: Gabinete compuesto por contactores y relés. ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración 25: El sistema en la figura es un sistema de bloques sencillo de una sola entrada y una sola salida	115

1. CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

“La Cooperativa de Servicios Aeroindustriales R.L., o mejor conocida como COOPESA R.L., fue fundada en el año 1963, por 130 trabajadores”, según información recopilada de (Prezi, 2016).

Es una compañía con más de 41 años de experiencia, ubicada en el aeropuerto Juan Santamaría, Alajuela, Costa Rica. Esta empresa se creó con la visión de contribuir en el campo de mejoramiento y seguridad de los aviones, del mismo modo alcanzando los más altos estándares.

“COOPESA cuenta con una certificación con la Administración de Aviación Federal de los Estados Unidos, la EASA (*European Aviation Safety Agency*) y otras en México, Australia, Bermuda, Colombia, Argentina, Panamá, Venezuela, etc.”, información toda de (Jorge Ortega, 2016).

A su vez, cuenta con una gran variedad de clientes, en los que se encuentran principalmente portadores, arrenderos o corporaciones financieras con la flota de:

- Boeing 727, que dicho avión es de tamaño medio comercial, tiene una capacidad muy buena para aterrizar en pistas cortas, por el diseño de sus alas que le brindan estabilidad a bajas velocidades.

- Boeing 737 es un avión de corto o medio alcance, usado para transportar personas. Este avión es una versión derivada del anteriormente nombrado Boeing 727, pero en una versión de menor costo y menor tamaño.
- DC-8, este modelo es un avión de mayor tamaño que los 2 anteriores, es más utilizado para servicios de carga para diversas compañías.
- MD-80's, estos aviones fueron desarrollados a partir del modelo DC-9, es utilizado para rutas de corto y medio alcance, pero con una gran capacidad en cuanto a cantidad de tripulantes. El diseño básico se modificó, esto con el objetivo de ofrecer más asientos, mejor economía, menor consumo de combustible y con motores que hagan menos ruido.

Se piensan incorporar servicios de Boeing 757, Airbus 320 y B-737 NG en un futuro a corto plazo. Por otro lado, dicha empresa cuenta con 650 empleados, donde el 80% de ellos forman parte de la empresa como socios.

COOPESA divide la compañía en 5 áreas: Recursos Humanos, Mercadeo y Ventas, Control de Calidad, Mantenimiento y Administración Financiera. Cada área brinda informes al Gerente General, ver en la ilustración 1.

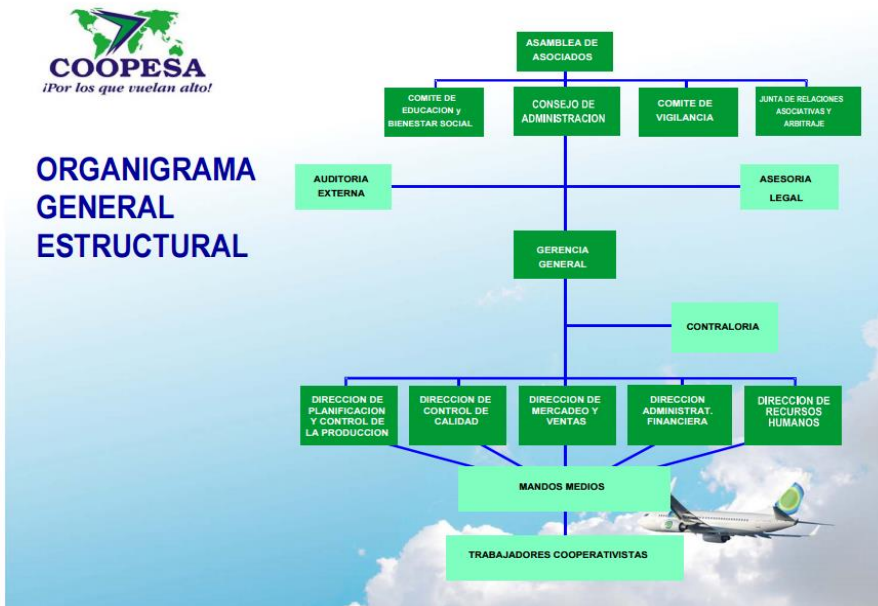


Ilustración 1: Organigrama General Estructural

El espacio con el que cuentan es para 6 o 7 aviones de cuerpo angosto, almacenados en 2 hangares, ver la ilustración 2.



Ilustración 2: Hangares A y B

1.2. Justificación

En COOPESA poseen una máquina de anodizado, la cual tiene la función de generar una protección artificial al aluminio mediante su propia oxidación, esta misma se ve aplicada o utilizada en los aviones a los que le da mantenimiento la empresa. De esta manera asegura una mayor duración y resistencia de las diferentes partes del avión que se ven sometidas a diferentes irregularidades del medio ambiente con el que trabajan.

No obstante lo expuesto, actualmente está fuera de servicio debido a que el sistema que la soportaba dejó de funcionar, lo cual genera un peligro utilizarla sin dicho sistema, ya que la máquina trabaja a unas temperaturas muy altas y en cierta parte del proceso, se le aplica cierta corriente con un nivel de voltaje que va creciendo paulatinamente durante un tiempo determinado. Dicha corriente es importante tenerla en datos ya que de ella dependerá el espesor del anodizado y se requiere establecer la comprobación de que se mantuvo la corriente.

Se debe garantizar que no hubo ningún problema en el proceso que haya generado un pico o recaída del nivel de corriente, generando que el proceso no se lleve a cabo como corresponde y de esta manera que sea riesgoso implementar la lámina a cualquier parte del avión, al mismo tiempo poniendo en peligro las vidas de los tripulantes.

Por otro lado, para realizar dicho proceso en la empresa, dos personas tienen que supervisar y llevar control de todo el proceso, ya que para completar los

diferentes pasos de dicho proceso, tiene que sumergir la materia en diferentes aposentos donde se generan funciones importantes para llevar a cabo el proceso de la mejor manera posible. Por ello se debe tratar la lámina con ayuda de unos rieles hasta el proceso correspondiente y descender la lámina hasta cierto punto donde se sumerja completamente, dejando cavidad a posibles errores.

Además, dichas personas tienen que llenar una guía con los pasos de cada etapa, donde incluyen datos como las horas de inicio en la que se sumerge el material, como la hora en la que lo sacan. Lo anterior por cuanto dicho material tiene que estar sumergido un tiempo determinado, de otra manera, el proceso no tendría el resultado deseado. También tienen que incluir datos como la temperatura en la cual se mantiene el proceso, teniendo en cuenta que esta no puede ser menor o mayor del rango ya establecido.

Por otro lado, cada vez que se inicia el proceso, la máquina tiene que digitar la corriente que tiene que aplicarse para que se lleve a cabo la anodización y por consiguiente dejando un margen de error por parte de la persona encargada. Además debe ir aumentando el voltaje cada cierto tiempo, hasta llegar a un punto donde lo tienen que mantener.

Como punto final, los trabajadores se pueden ver afectados en cuanto a su salud, ya que el proceso trabaja con químicos, Ellos se ven expuestos a tener un contacto con dichos químicos. Además del hecho que al pasar todo el tiempo del proceso, el aire que respiran se ve afectado por los químicos al aumentar la temperatura donde están.

La empresa quiere cuidar a sus empleados, liberando a dichas personas del proceso y supervisión, y así eliminar el riesgo de que dichos trabajadores puedan padecer de algún tipo de enfermedad por permanecer durante el proceso, respirando los químicos.

1.3. Descripción del problema

La pintura y la corrosión de los aviones han llegado a ser una actividad importante dentro del mantenimiento de aeronaves. Debido al aumento de los pedidos de aviones en los últimos años, un número sin precedente de aviones ingresan a los talleres de pintura de las diferentes compañías o estaciones reparadoras. Esto con el fin de lograr su mantenimiento o simplemente a cambio de imagen, lo que implica repintar o despintar. Cuando entra a despintado se aplica CPCP (*Control Prevention Corrosion Program*).

“En pocas palabras el CPCP es un programa de mantenimiento para los aviones, que se encarga en aspectos y tareas básicas”, según (Technics, 2016).

Dichas tareas son inspecciones en las diferentes estructuras o partes del avión, al mismo tiempo se va haciendo una limpieza de las partes y si es necesario se van haciendo reparaciones que se van viendo en la misma inspección. En estas etapas se aplican procedimientos como lo son el mismo anodizado.

Si la cantidad de pintura utilizada para pintar una aeronave parece importante (1500 litros, por ejemplo para un Boeing 747, este avión es el que conocemos como “Jumbo”. Es un avión comercial, famoso por su gran tamaño, ver

la ilustración 3) en realidad casi no lo es comparada con las cantidades utilizadas por el resto de la industria y por los hogares, Por lo expuesto en este sector, las acciones deben estar en manos de empresas o personas especializadas en satisfacer los requerimientos estrictos de algunas Empresas Aeronáuticas o Aeroespaciales.



Ilustración 3: Boeing 747

En términos generales, la acción de pintar una aeronave, cumple dos funciones principales: protección, control y prevención contra la corrosión, y al mismo tiempo embellecimiento (cambios de imágenes corporativas).

1.3.1. Control y prevención de la corrosión

El ataque corrosivo se presenta de muy diversas formas, así puede aparecer sobre toda la superficie metálica de una pieza o solo penetrar localmente en forma de picaduras profundas, pudiendo afectar solo a los límites intergranulares de la superficie o puede penetrar indiscriminadamente.

Por otra parte, existen factores que agravan los efectos de la corrosión como las tensiones que soporta la parte afectada, bien debidas a cargas externas como a esfuerzos internos en la estructura metálica de la pieza, originados por mecanizados o tratamientos térmicos inapropiados.

Al no tener funcionando el sistema que la soportaba, que era una máquina que imprimía datos de corriente según el tiempo, la máquina de anodizado no se puede utilizar. Esto por cuanto se necesita ese comprobante de corriente para que un supervisor le dé el visto bueno de que el proceso cumple con todos los requerimientos solicitados. Solo de esta manera es posible adherirle el material anodizado a la superficie del avión que se requiera.

De esta manera el avión tendrá mayor invulnerabilidad ante la corrosión, aplicando una mayor durabilidad a su casco, ya que este es expuesto a muchos agentes corrosivos.

Al mismo tiempo es posible disminuir gastos en la reparaciones por corrosión, pintado, reparación de superficies, etc.

1.4. Problema

¿Por qué es necesario diseñar un sistema de automatización y registro de corriente para el proceso de anodizado de COOPESA R.L., durante el segundo cuatrimestre del año 2016?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Desarrollar un diseño para la mejora del proceso actual de anodizado y registro de la corriente para Coopesa, por medio de la automatización para la disminución de los costos de reparaciones.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Determinar las variables asociadas al proceso de anodizado y registro de la corriente actual, así como tecnologías de automatización del proceso existentes.
- Crear el diseño del sistema de automatización, monitoreo y registro de corriente.
- Evaluar la propuesta mediante un análisis de costo-beneficio.

1.6. Variables

- a) Determinar la temperatura con el que se realiza el proceso.
- b) Graduar la corriente que se le aplica al proceso.
- c) La rentabilidad de automatizar el proceso (costo-beneficio).
- d) El tiempo de duración de cada parte del proceso de anodizado.

1.7. Alcances

- a) Realización de la evaluación de las diferentes variables del proyecto que se ven asociadas al proceso de anodizado y registro de la corriente.

- b) Investigación de las tecnologías existentes que se pueden utilizar para el diseño de la automatización de la planta de anodizado, específicamente la que se encuentra en Coopesa.
- c) Creación de un sistema que brinde un mejor proceso de anodizado y más eficaz, dándole apoyo en cuanto a la salud de los trabajadores, disminuyendo el tiempo de contacto con los químicos utilizados en el proceso.
- d) Evaluación costo-beneficio del diseño de la automatización de la planta.

1.8. Limitaciones

- a) Para la elaboración de este proyecto se cuenta con los fondos de la empresa para lo que se debe establecer la rentabilidad del proyecto para ellos.
- b) Se debe realizar un sistema sencillo, para que la utilización del mismo no sea difícil para los diferentes trabajadores que laboran actualmente y los trabajadores que vayan a ingresar en el futuro.
- c) Se debe realizar un manual detallado del sistema, que contenga desde el funcionamiento simple, hasta programación y partes del sistema, para que en el caso de tener que dar mantenimiento o cambio de piezas, tengan un respaldo desde marcas, medidas, parámetros, entre otras.

2. CAPÍTULO 2: MARCO TEORICO

(Prezi, 2016) Expone:

Básicamente la corrosión puede ser definida como una reacción de naturaleza química o electroquímica, resultante del contacto entre un metal y una o más sustancias y que tiene como consecuencia un cambio en el área de la sección transversal de la parte estructural afectada.

El anodizado es un proceso electroquímico de oxidación forzada, por medio del cual se forma una capa protectora de óxido de aluminio sobre la superficie base.

El proceso consiste en someter al aluminio a una inmersión de ácido (Ácido sulfúrico). Al pasar corriente se libera el oxígeno que al reaccionar con el aluminio genera una capa de óxido cuyo espesor varía con el tiempo de paso de la corriente. Para cerrar los poros que presenta la superficie del aluminio anodizado se lo sumerge en agua desmineralizada a 96°C. De esta manera queda finalizado el procedimiento, la vida útil de este acabado es proporcional al espesor de la capa anódica obtenida.

El óxido de aluminio puede alcanzar una gran dureza que varía entre los 7 y 8 de la escala Mho; es muy estable y resistente a los agentes corrosivos ambientales. La capa generada por medio del proceso electroquímico se integra al metal, por lo que no puede ser raspada.

El nombre del proceso deriva del hecho de que la pieza por tratar con este material hace de ánodo en el circuito eléctrico de este proceso electrolítico. La

anodización es usada frecuentemente para proteger de la abrasión y la corrosión, y permite su tinte en una amplia variedad de colores.

Las técnicas de anodizado han evolucionado mucho con el paso del tiempo y la competencia en los mercados, por lo cual actualmente encontramos desde una capa de óxido de aluminio con el color gris propio de este óxido hasta coloraciones posteriores a la formación de la capa con colores tales como oro, bronce, negro y rojo. Las últimas técnicas basadas en procesos de interferencia óptica pueden proporcionar acabados tales como azul, gris perla y verde.

Hay distintos métodos de coloración de las capas de óxido formadas: coloración por sales y coloración por tintes, siendo la primera opción la más habitual y la que más calidad en acabado y durabilidad garantiza.

Como técnica reciente se está desarrollando los acabados por interferencia (azul, gris y verde) basados en modificaciones posteriores del poro del óxido de aluminio formado en la etapa propia de anodizado. Esta modificación microscópica del poro se consigue mediante la reproducción de condiciones de temperatura, concentraciones del electrolito, voltajes, superficie de carga afectada y características de la aleación. El control de estas variables y la reproducibilidad de las condiciones del proceso son las que determinan el acabado azul, gris o verde.

A modo de ejemplo, los factores determinantes de la intensidad de la corrosión galvánica y a la vista de los potenciales de disolución, es posible prever cuándo y con qué grado se producirá la corrosión galvánica. Aunque esta predicción teórica viene influenciada por varios factores, entre ellos:

- Resistencia eléctrica entre las dos piezas en contacto.
- Naturaleza del electrolito.
- Posibilidad de formación de películas protectoras, producto de la oxidación sobre el ánodo (polarización)
- Relación superficie catódica/superficie anódica. Cuanto mayor sea esta relación, mayor es la velocidad de corrosión.

Un ejemplo típico de este último factor es el uso de remaches de acero que se comportan como ánodo frente a una placa de aleación de aluminio (ánodo) donde van instalados. Este fenómeno, puede tener lugar en sentido inverso, es decir remaches de aleación de aluminio frente a una placa de acero inoxidable, en este caso el remache (ánodo) sería el que sufriría la corrosión, lo cual sería todavía más peligroso. En estos casos hay que tener en cuenta el material de las superficies en contacto solamente, por ejemplo, acero en contacto con aluminio son disimilares, pero acero cadmiado con aluminio son similares.

Las técnicas de detección utilizadas en la localización y detección de la corrosión tienen una capacidad limitada, dado la complejidad y variedad de los daños corrosivos y la dificultad de acceso e inspección de algunas partes estructurales de la aeronave. Estas técnicas pueden dividirse en métodos de examen visual y métodos de inspección no-destructivos, conocidos como NDI o NTD (rayos X, ultrasonido, corrientes inducidas, etc).

2.1. Control de Corrosión

La información que se dará a continuación es la que va a ayudar al operario de la máquina o a la persona que quiere realizar dicho proceso, ya que le da un conocimiento del porqué es importante prevenir y tratar la corrosión, y en este caso específicamente en los aviones.

(Cano, 2013) Expone:

Dado los importantes efectos de la corrosión en la pérdida de resistencia de las partes estructurales de los aviones, el control de la corrosión es de máxima importancia. La prevención de la corrosión es el mejor método de control. Sin embargo, una vez que ésta ha sido detectada teniendo en cuenta que la corrosión es un proceso continuo, su tratamiento constituye un requerimiento básico para lograr una correcta vida del avión.

2.1.1. CONTROL Y PREVENCIÓN GENERAL DE LA CORROSIÓN

Básicamente la corrosión puede ser definida como una reacción de naturaleza química o electroquímica resultante del contacto entre un metal y una o más sustancias y que tiene como consecuencia un cambio en el área afectada(Cano, 2013).

La corrosión puede visualizarse o presenciarse de diferentes formas, ya sea afectando toda la pieza de metal o solo en ciertas partes en forma de salpicaduras. Además, hay que tomar en cuenta que existen diferentes situaciones o acciones que empeoran o agrandan los efectos de la corrosión, ya sea la tensión que soporta la parte que presenta la corrosión que son ocasionadas por situaciones externas.

2.2. Tipos de Corrosión

Los diferentes tipos de corrosión pueden aparecer individualmente o en conjunto de 2 o más tipos.

Los tipos de corrosión más usuales en la estructura del avión son los siguientes:

- Corrosión uniforme.
- Corrosión por picaduras.
- Corrosión galvánica o electroquímica.
- Corrosión intergranular.
- Corrosión Transgranular o por fatiga.
- Corrosión por células de concentración.
- Corrosión bajo tensiones.
- Corrosión filiforme.
- Corrosión por microorganismos.
- Corrosión atmosférica.
- Corrosión por fricción.

2.3. Agentes Corrosivos

(Cano, 2013), señala: “Los agentes corrosivos pueden causar una reacción química corrosiva. Existen una variada lista, pero los más comunes son los ácidos, álcalis y las sales. Por otro lado, los medios de transporte más comunes son el agua y la atmósfera”.

2.3.1. Ácidos

En general los ácidos atacan la mayoría de las aleaciones. La velocidad de ataque depende de muchos factores, como son la concentración, la temperatura, el tipo de ácido y la aleación. Los más corrosivos son el ácido sulfúrico, los ácidos halogenados y ácidos orgánicos contenidos en las aguas residuales.

(Cano, 2013) Expone:

Muchos productos que se usan para eliminar o disminuir la corrosión o para proteger las superficies, contienen ácidos, por consiguiente es muy importante eliminarlos con bastante agua y en algunos casos es bueno usar agua bicarbonatada para neutralizar los efectos.

2.3.2. Alcalis

Estas pueden provocar corrosión en aleaciones de aluminio y magnesio, aunque no son tan corrosivas como los ácidos. Además, las sustancias alcalinas más corrosivas son la sosa, la potasa y la cal. Sin embargo, las aleaciones de aluminio son muy resistentes a los álcalis amoniacos.

2.3.3. Sales

Las sales en disolución son en general buenos electrolitos y dan lugar a fenómenos corrosivos. Los aceros inoxidable son resistentes en general a la corrosión por sales pero, las aleaciones de aluminio, las aleaciones de magnesio y los demás aceros son muy vulnerables a ciertas soluciones que contienen sales. Es

necesario proteger las partes que reciben el ataque de estas sustancias.(Cano, 2013).

2.3.4. La atmósfera

Los principales agentes corrosivos son el oxígeno y el contenido de humedad en el aire. La atmósfera puede contener además gases corrosivos y otros contaminantes.

(Cano, 2013) Expone:

Por su poder corrosivo son de destacar las atmósferas industriales conteniendo óxidos de azufre que en presencia de humedad dan lugar a compuestos sulfúricos especialmente peligrosos. La atmósfera marina contiene cloruros y agua en suspensión saturada de sal constituyendo un excelente electrolito que proporciona un medio para la acción corrosiva a la que son particularmente sensibles las aleaciones de aluminio y magnesio.

2.3.5. El agua

Es el agente corrosivo por naturaleza, debido a las impurezas orgánicas e inorgánicas que lleva en suspensión, aparte de los gases que pueda llevar en disolución, especialmente oxígeno.

2.1. Anodizado

El anodizado es un proceso electrolítico utilizado para incrementar el espesor de la capa natural de óxido en la superficie de un metal, el cual lleva el nombre de pasivación.

En algunos casos, la formación de esta capa o mejor dicho la pasivación, es espontánea en el momento que el metal entra en contacto con el agente externo. Un ejemplo muy común es el aluminio. Cuando una superficie del aluminio entra en contacto con el aire, la parte externa del objeto se oxida naturalmente para formar una capa transparente e impermeable.

Por esta razón, aunque el aluminio en cuanto a temperatura es muy reactivo, la capa lo protege de manera muy efectiva en contra de la corrosión a condiciones ordinarias. Para lograr la corrosión de este metal se requieren ácidos minerales o un determinado sobre potencial electroquímico.

Dependiendo del proceso, varios tanques de solución para baño del objeto pueden ser utilizados, y finalmente un tipo de horneado seca y culmina el método. No es recomendable incluir diferentes materiales en el mismo proceso.

La capa pasiva es lograda por la reacción en las superficies externas del objeto con el porcentaje en volumen del ácido en agua especialmente purificada; por consiguiente, el grosor de la capa pasiva es mínimo. Esto significa que cualquier maltrato a la superficie protegida, por ejemplo una pequeña ralladura, puede causar que el objeto sea vulnerable a reacciones en el área dañada.

Lógicamente, si las impurezas del material no son exitosamente removidas, ya sea por concentración incorrecta de los reactivos, o por algún otro factor que impida el efectivo baño purificador, incluyendo la calidad del agua en uso o una preparación incorrecta de la superficie (lavado, desengrase, etc.), las impurezas probablemente serán más visibles cuando se sequen los líquidos, pues pueden haber sido descubiertas mas no habrán sido eliminadas.

La técnica del anodizado suele emplearse sobre el aluminio para generar una capa de protección artificial mediante el óxido protector del aluminio, esta capa lleva el nombre de alúmina. La capa que se genera por medio de procedimientos electroquímicos, le brinda mayor resistencia y durabilidad al aluminio. La protección dependerá en gran medida del espesor de esta capa (en micras μm) que van desde las $5\mu\text{m}$ hasta las $20\mu\text{m}$ dependiendo del ambiente en que se vayan a utilizar.

Como ejemplo: Ambientes interiores y suaves (de $5\text{-}7\mu\text{m}$ es suficiente), ambientes exteriores y duros (de unas $15\mu\text{m}$), ambientes marinos y extremos (de $20\mu\text{m}$ aproximadamente). El grosor de la capa depende principalmente del electrolito (sustancia que contiene iones libres), la corriente eléctrica aplicada (amperios A), de la temperatura del baño y de la duración del tratamiento. El nombre del proceso deriva del hecho que la pieza a tratar con este material hace de ánodo en el circuito eléctrico de este proceso electrolítico.

La anodización es usada frecuentemente para proteger el aluminio de la abrasión y la corrosión. Las técnicas de anodizado han evolucionado mucho con el paso del tiempo y la competencia en los mercados, por lo cual actualmente encontramos desde una capa de óxido de aluminio con el color gris propio de este

óxido, hasta cambios del color después de la formación de la capa con colores tales como oro, bronce, negro y rojo. Las últimas técnicas basadas en procesos de interferencia óptica pueden proporcionar acabados tales como azul, gris perla y verde.

(Javier, 2008) Expone:

Como técnica reciente se está desarrollando los acabados por interferencia (azul, gris y verde) basados en modificaciones posteriores del poro del óxido de aluminio formado en la etapa propia de anodizado. Esta modificación microscópica del poro se consigue mediante la reproducción de condiciones de temperatura, concentraciones del electrólito, voltajes, superficie de carga afectada y características de la aleación. El control de estas variables y la reproducibilidad de las condiciones del proceso son las que determinan el acabado azul, gris o verde.

Según sea el grosor de la capa que se desee obtener existen dos procesos de anodizados:

- Anodizados decorativos coloreados.
- Anodizados de endurecimiento superficial.

Las ventajas que tiene el anodizado son:

- La capa del anodizado es más duradera que las capas obtenidas por pintura.
- El anodizado no puede ser pelado porque forma parte del metal base.

- El anodizado le da al aluminio una apariencia decorativa muy grande al permitir colorearlo en los colores que se desee.
- Al anodizado no es afectado por la luz solar y por tanto no se deteriora.

2.1.1. Anodizado duro

Según el autor de la página plantea que el anodizado duro es un proceso que se utiliza solo cuando se quiere una capa de un grueso mayor, el grueso de la capa anda alrededor de 150 micras, según el proceso y la aleación. Su resistencia a la abrasión y al frotamiento es considerable y la dureza es similar o parecida a la del cromo duro (Anodizado, 2016).

Las propiedades del anodizado duro son:

- Resistencia a la abrasión: lo que permite que tenga una resistencia al desgaste superficial superior a muchos tipos de acero
- Resistencia eléctrica. La alúmina es un aislante eléctrico de calidad excelente, superior a la de la porcelana.
- Resistencia química. La capa anódica protege eficazmente el metal base contra la acción de numerosos medios agresivos.
- Porosidad secundaria o apertura más o menos acusada en la entrada de los poros debido al efecto de disolución del baño.

Ahora bien, es recomendable antes de realizar un anodizado duro, verificar la pieza que se le vaya a realizar el proceso y seleccionar la aleación en función de su resistencia mecánica y de sus características.

2.1.2. *Concentración del ácido sulfúrico.*

(Pérez, 2006) Expone:

A pesar del hecho que la conductividad máxima es obtenida con 350 g/l de ácido sulfúrico, la concentración del ácido esta usualmente mantenida entre 150 y 250 g/l dado que los altos valores tienden a dar capas blandas.

La densidad de la capa anódica decrece y por lo tanto el peso y espesor también, según se aumenta la concentración de ácido.

2.1.3. *Efecto de la temperatura del electrolito.*

Describimos el efecto de la temperatura brevemente de la siguiente manera:

a) A temperatura alta obtenemos

- Capas de menor densidad aparente (peso específico), blando pero más brillante.
- Grandes dificultades para sellar los poros, porque la capa externa tiende a ser blanda y a desmoronarse.
- Más fácilmente capas coloreadas, pero grandes dificultades en reproducir el color si el método por absorción del tinte es usado y un coloreado rápido (de una forma más adecuada) si es usado el método electrolítico con sales de estaño, níquel y cobalto.

b) Mientras que a temperaturas bajas. (organice la numeración, porque no hay coherencia.

- Se produce capas duras con mejor resistencia a la abrasión, aunque se requiere alto voltaje para alcanzar la misma densidad de corriente.

2.1.4. El efecto del Voltaje

La porosidad de la capa varía dependiendo del voltaje que se le aplique. A un voltaje bajo los poros son pequeños pero son muchos. Mientras que a voltajes altos los poros son grandes pero pocos.

2.1.5. Efecto de la densidad de corriente

Si la corriente se mantiene en valor establecido, el grosor de la capa varía dependiendo al tiempo que dicho voltaje se le aplique a la lámina. La cantidad de corriente es mantenida, mientras que el voltaje es incrementado paulatinamente, capaz de compensar el incremento de la resistencia causada por el incremento del grosor de la capa.

Los efectos de la densidad de corriente son:

A menor densidad de corriente ($1,0A/dm^2$) da excelente brillo pero una menor velocidad de anodizado.

Una alta densidad de corriente:

- Conduce a una formación rápida de capa, pero con gran riesgo de tener capa blanda y quemada.
- Produce gran cantidad de calor a la interface capa – electrolito y por lo tanto requiere un adecuado sistema de agitación y mezclado para el electrolito.
- Mejora la resistencia a la abrasión con una adecuada agitación y enfriamiento.

2.1.6. *Agitación*

Para eliminar el calor que se produce en la superficie de la capa del proceso. A este proceso electroquímico se denomina agitación.

Experiencias prácticas muestran que el mejor resultado es obtenido por choques de aire por medio de una difusión especial que produce burbujas de diámetro muy pequeño (mejor sí es menor que 2 mm), Una simple agitación no es suficiente para mantener la solución a la temperatura correcta.

Por lo tanto, también es necesario instalar un sistema de enfriamiento con cambio de calor. Según el autor la potencia debe ser:(Pérez, 2006).

$$I \times (E+3) \times 0,86 = \text{Kcal.} - \text{hr}$$

Donde:

I = Intensidad de corriente (Amperios).

E= Potencial (Voltios).

0,86= factor de conversión.

2.2. Determinación de la capa anódica

Las capas anódicas de óxido se diferencian unas de las otras por su espesor que es representado por la unidad micrones (μm). El espesor para el recubrimiento que se requiere para la diferente área que se vaya a utilizar es de mucha importancia y tiene que ser especificado, ya que de esto dependerá de su grosor.

El espesor del proceso se tiene que acordar entre el cliente y la persona o empresa encargada de realizarlo o si es para algo en específico seguir los estándares o leyes que haya, si es que las hay. Ya que antes de acordar el grosor y empezar la realización tiene que tomar en cuenta la agresividad del medio al que va a estar sujeto la pieza, la condición y el servicio del material.

Es de uso común lo siguiente:

- Uso interior decorativo 5 μm .
- Para uso interior 10 μm .
- Exteriores con limpieza frecuente 15 μm .
- Interiores con rozamiento 20 μm .
- Industrial o ambientes marinos 25 μm .

Si la densidad de corriente es mantenida constante, el espesor de capa dependerá directamente del tiempo de anodizado. Muchas expresiones matemáticas se han planteado para relacionar el espesor vs el tiempo.

La bibliografía Arthur W. Brace, *The technology of anodizing aluminium*, muestra una relación obtenida para determinar el espesor de la capa anódica basada en la experiencia.

$$T \text{ (min)} = \frac{(\text{Espesor (}\mu\text{m)} \times 340)}{\text{Densidad de corriente (A/m}^2 \text{)}}$$

Esta relación nos permite estimar el tiempo necesario para alcanzar un espesor determinado, teniendo las otras variables controladas.

2.3. Automatización Industrial

Al uso de sistemas o elementos computarizados, utilizados para controlar maquinarias o los diferentes procesos de una industria, se le llama automatización industrial.

Según el autor, la automatización industrial siendo una disciplina de la ingeniería no abarca solo un sistema de control, sino que además, puede abarcar la instrumentación industrial, que esta incluye diferentes componentes o elementos como lo son sensores, sistemas de transmisión y recolección de datos, transmisores de campo, sistemas de control y supervisión y aplicaciones de *software* en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales (EcuRed, 2016).

2.4. Ingeniería en automatización y control industrial

Como el autor plantea, la ingeniería en automatización y control industrial es una rama de la ingeniería que usa tecnologías que a su vez se utilizan en el campo de la automatización y control automático industrial. Por otro lado, a su vez dicha rama es complementada con otras disciplinas, entre ellas, sistemas de control y supervisión de datos, el control de procesos y las redes de comunicación industrial, la instrumentación industrial, entre otras,(EcuRed, 2016).

2.4.1. *Objetivos de la ingeniería en automatización y control industrial*

Dentro de las metas se destacan:

- Generar proyectos de procesos en los cuales se maximicen los estándares de productividad y se preserve la integridad de las personas quienes los operan.
- La capacidad de procurar la mantención y optimización de los procesos que utilicen tecnologías de automatización.
- Utilizar criterios de programación para crear y optimizar procesos automatizados.

A su vez, se ve analizado por el PLC con ayuda de diferentes componentes o instrumentos como lo son las válvulas de control, los contactores, relés, actuadores, entre otros instrumentos, que son utilizados en la industria para controlar y medir los diferentes procesos requeridos.

2.5. Regulación automática

Ahora bien, considerando un control más específico, existe la regulación automática que es una rama de la ingeniería que se encarga de un control de un proceso determinado. Por ejemplo, permite mantener la temperatura de unas mordazas, la velocidad de un movimiento de un carro, etc. Dicha herramienta, estudia el comportamiento de los sistemas, viéndolos como bloques con una entrada o salida, la cual también se le llama Teoría de Control. La entrada del bloque puede ser tanto una señal analógica, como una señal digital que mide o detecta un dato en alguna parte del sistema o proceso.

2.6. Sistemas de Control

Un sistema de control como lo dice la palabra, es el encargado de controlar otros dispositivos o sistemas, también lo puede ordenar y regular, con el fin de reducir el margen de error y de esta manera poder obtener la mejor eficiencia y eficacia del mismo. En general, estos sistemas se usan en la industria para controlar equipos o máquinas que realicen una tarea establecida.

Hay dos tipos de sistemas de control, los sistemas de lazo abierto y los sistemas de lazo cerrado. En los primeros, la salida depende directamente de la entrada; mientras que en los sistemas de lazo cerrado, la salida depende de otros factores aparte de la entrada, los cuales son las realimentaciones, que provocan correcciones o consideraciones.

Los sistemas de lazo cerrado también son llamados por otro nombre, el cual es sistemas de control con realimentación.

(Pérez, 2006) Señala: “Los sistemas de control más modernos sus automatizaciones abarcan muchos parámetros, los cuales reciben el nombre de controladores de automatización programables (PAC)”.

El control con lazo cerrado presenta las siguientes ventajas sobre el control en lazo abierto:

- corrección de las perturbaciones (tales como rozamiento impredecible en un motor).
- buen comportamiento incluso con incertidumbre en el modelo, es decir, en aquellos casos en que la estructura del modelo no representa perfectamente la realidad del proceso o los parámetros del modelo, no se pueden medir con absoluta precisión.
- permite estabilizar procesos inestables.
- tolerancia a variaciones en los parámetros.

2.7. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (programmable logic controller), es una computadora manipulada en la automatización industrial, para controlar máquinas electromecánicas, por ejemplo, en

una fábrica de alimentos, las líneas de producción o en este caso una línea para la aplicación del anodizado en el aluminio.

Los PLC son muy requeridos en industrias para sus diferentes procesos. Dichos equipos se diferencian de las computadoras de propósito general, ya que los PLC están diseñados para controlar varias señales de entradas y salidas, resistencia a la vibración, al impacto y a rangos de temperaturas altos.

El PLC es un sistema en tiempo real, donde los resultados de salida son generados por la acción a las condiciones de entrada en un cierto tiempo. En cuanto a la programación de dichas máquinas, van mejorando conforme se van modernizando, desde la lógica de escalera, hasta lenguajes más estandarizados cuando lo es la programación BASIC y C. De hecho hay PLC que usan una combinación de ellos, generando un sistema más robusto en cuanto a programación y control. Otro método usado es el de lógica de estado, este tipo de programación se basa en diagramas de estado, el cual es un lenguaje de alto nivel.

La función del PLC ha ido expandiéndose y evolucionando con el paso del tiempo para incluir diferentes controles como lo son el de movimiento, control de procesos, comunicación por red, control del relé secuencial, sistemas de control distribuido. Los PLC se han ido mejorando y progresando, tanto que los modernos son cercanos a las computadoras de escritorio en cuanto a almacenamiento, comunicación y procesamiento.

2.7.1. Ventajas de los PLC

La ventaja de dichos sistemas son muchas, entre ellas se encuentran el ahorro del tiempo en producir o elaborar proyectos, pudiendo hacer modificaciones sin costos adicionales y con una eficiencia y eficacia mayor. Además, el mantenimiento es más barato y se puede realizar un montaje más compacto, reduciendo y utilizando mejor el espacio. Por otro lado, reduce dinero en mano de obra y da la opción de controlar varias máquinas con un mismo equipo. Sin embargo, al tener PLC se necesitaría un técnico o ingeniero calificado para que se ocupe en mantener el equipo funcionando siempre de la mejor manera.

2.8. Antecedentes de proyectos semejantes

En la tesis de Alejandro García Pérez con el tema “Instalación de una Planta Moderna de Anodizado para Perfiles de Aluminio” generó varias conclusiones con el desarrollo de la tesis. En los primeros capítulos se describe el aluminio, su obtención los países en el mundo que lo producen, las características del aluminio, usos, los tratamientos tanto de conformación, homogenización, envejecido y protección como es el anodizado. Además, trata las diferentes aleaciones que se obtienen según el uso que se le quiera dar. Están las aleaciones usadas que se obtienen según el uso que se le quiera dar, están las aleaciones usadas en la producción de perfiles.

Dentro de los perfiles anodizados consideran los perfiles coloreados de preferencia color negro. Una explicación de sobre lo que es el anodizado y estudios

sobre los que afectan el mismo. Seguido de una fórmula práctica para determinar el espesor de la capa anódica.

Con el proyecto se desarrolla la parte de ingeniería que abarca la planta de anodizado y la planta de tratamiento de aguas residuales. Logrando así que la planta sea integral y cumpla con las normativas vigentes. También realizan una estimación del consumo de energía donde se utiliza la potencia de los equipos, y en la estimación de agua, insumos químicos, combustible, etc.

En la parte final se encuentran las recomendaciones, seguridad ambiente y ocupacional, y las conclusiones que entre ellas encontramos:

- a) Los factores que influyen en el anodizado debidamente controlados mediante; equipos modernos. Seleccionados adecuadamente, permiten maximizar el uso del mismo y aumentar la productividad.
- b) Estos controles permiten obtener productos con una capa homogénea y esto su vez permite una colocación uniforme.
- c) Como se menciona anteriormente el tratamiento previo de los perfiles es muy importante porque influye directamente en los insumos químicos que se utilizan en la preparación de la superficie.
- d) Ven que por ser una planta electroquímica la mayor parte de la inversión está en los equipos, representando esto el 51% del capital fijo.
- e) Un manejo adecuado de los recursos genera significativos ahorros.

2.9. Sensor de corriente ACS712

Sensor de efecto *hall*, el cual tiene un hilo conductor donde circula la corriente que se quiere medir, un sensor de efecto *hall* mide la corriente magnética que se genera al circular la corriente por ese conductor, a mayor corriente, mayor flujo magnético, por lo cual generará más voltaje.

Es importante medir y ajustar el offset del cero, puesto que puede no coincidir exactamente con los 2.5V (512/1024). Utilizando esta configuración, tendremos una precisión de unos 26 mA, que no está nada mal.

Bueno, la intensidad se calcula de la siguiente forma. El sensor utilizado mide intensidades de entre -5A y 5A. Este dato es importante porque hay versiones con diferentes rangos, así que se debe comprobar qué versión se utiliza. La salida del sensor siempre varía entre 0 y 5 voltios. Según la hoja de datos, el valor de 0A se corresponde con los 2.5V en la salida, y por cada amperio la tensión varía 185mV. Con estos datos se puede construir la siguiente tabla:

Amperaje (Entrada)	Voltaje (Salida)
0A	2.5V
1A	2.685V
2A	2.87V
3A	3.055V
4A	3.24V
5A	3.425V

3. CAPÍTULO 3: MARCO METODOLOGICO

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Finalidad. Aplicada.

El proyecto cuenta con una finalidad de aplicación, ya que se pretende solucionar un problema que está perjudicando a Coopesa. Esta empresa afronta varias situaciones problemáticas que requieren una respuesta eficiente y a la vez viable en la atención de sus clientes. Por ello el objetivo de la presente investigación consiste en desarrollar un diseño para mejorar el proceso actual de anodizado y registro de la corriente, por medio de la automatización para la disminución de los costos de las reparaciones de los aviones.

Se pretende por tanto mejorar los procesos de trabajo y solucionar las pérdidas de material, problemas en salud ocupacional, las variaciones de tiempos que no se sujetan a los estándares con que ellos se ven regidos.

También como contexto secundario el proyecto quiere generar un estudio que le dé al menos una idea de lo que es el proceso de anodizado, cómo se lleva a cabo y cuáles son los requisitos necesarios para que funcione eficazmente. Para ello se analiza las posibilidades de automatizar una planta de esta magnitud y crear un aporte que permita generar nuevas ideas para esta empresa u otra que presente necesidades similares.

3.1.2. Dimensión temporal. Transversal.

El proyecto es de dimensión temporal transversal ya que la investigación se centra en analizar las diversas variables ya nombradas como lo son la temperatura, la corriente, el tiempo, el espesor, todos estos relacionados con el proceso de anodizado. Estas variables tienen gran influencia en el proceso y de la atención de estas dependerá el éxito de la propuesta.

Tanto el grosor como la resistencia son claves a la hora de anodizar una lámina de aluminio y más aun las que se utilizan en Coopesa, ya que estas van a ser utilizadas para instalarlas en diferentes partes de los aviones a los que ellos les dan mantenimiento y de ahí que se vea el trabajo y el prestigio de la empresa empeñado día con día en mejorar sus servicios..

Además, la importancia de ellas no solo se ve de forma individual, sino la reacción que toman y el trabajo que desenvuelven con la relación de una variable con la otra. Por lo tanto, la investigación al considerar todas estas variables, asume una gran responsabilidad que exige la toma de decisiones que se vayan a presentar en el proceso de desarrollo de la misma.

3.1.3. Marco. (Micro)

El proyecto lleva en estudio micro, ya que en él se realiza todas las investigaciones para abarcar un problema específico como lo es la automatización de la planta de anodizado de Coopesa.

En ella se estudia la corrosión y los tipos de corrosión, pero desde un ámbito especializado o dirigido para los aviones que se atienden, ya que la planta al tratar dicha problemática debe establecer los procesos más recomendables para tal fin. Por otro lado considera la anodización que se ajusta al aluminio, así como su forma de aplicar, tiempos, cantidades de corriente y voltaje, para que este lleve una consistencia, resistencia y espesor requerido por la empresa y los diferentes rublos que deben cumplir.

Por último se busca diferentes mecanismos y dispositivos para la elaboración de la automatización centralizada en la planta con la que cuenta la empresa, considerando tanto el espacio como la dimensión económica, realizando un diseño que se ajuste a las necesidades del cliente, sin dejar de lado, la eficiencia, eficacia y seguridad del mismo.

3.1.4. Naturaleza (Cuantitativa y Cualitativa)

Aunque el enfoque de esta investigación es cuantitativo en general, es parte de la investigación científica, la que es definida como un proceso metódico y sistemático dirigido a la solución de problemas o preguntas científicas, mediante la producción de nuevos conocimientos, los cuales constituyen la solución o respuesta a tales interrogantes. (Palacios, 2016).

Lo importante del enfoque cuantitativo es la generalización o universalización de los resultados de la investigación, ya que la automatización de la planta de anodizado que se va a realizar, se puede desarrollar en otra planta o sistema con cierta similitud, o con pequeños cambios.

3.1.5. Carácter (Proyecto)

Este proyecto consiste en aplicar los conocimientos, herramientas y técnicas con que se tiene y se puede obtener de diferentes lugares para encontrar la respuesta adecuada a la problemática que se tiene.

El proyecto va enfocado en el bienestar de las personas, tanto de los dueños de la empresa que se ven beneficiados en la parte económica al eliminar o reducir las pérdidas que por medio de diversas razones se están presentando en la actualidad. Dentro de estas se incluyen, cómo las personas que están desarrollando el proceso de forma manual, se verán beneficiados tanto en el campo de la salud como en el cumplimiento de sus tareas de una forma más sencilla y rápida lo que genere a su trabajo un mayor soporte.

Por otro lado cabe destacar que el proyecto va dirigido al sector industrial donde puede tomarse como base para la implementación con ciertas modificaciones para otros procesos.

3.2. Diseño metodológico

3.2.1. Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.

Al ser un proyecto de desarrollo tecnológico, al obtener o desarrollar la automatización, se evalúan las propiedades de la máquina que ya está en la empresa. La realización del diagnóstico del proceso, con sus diferentes partes y formas de efectuarlos en la actualidad, considera también el costo-beneficio del proceso, realizándolo manualmente, acompañado de los riesgos y sus eventuales efectos adversos, lo que le va generándole valor al proyecto en sí.

El proyecto lleva una metodología tanto empírica como teórica. Al principio se va guiando con una metodología empírica para obtener y elaborar los datos, los conocimientos, mediante la observación primeramente. Con esta estrategia se podrán identificar las técnicas que utilizan para desarrollar el proceso paso a paso, cómo lo realizan, qué función tiene cada parte del proceso, cada tanque de la planta.

Seguidamente se procede a entrevistar informalmente a los operadores o las personas encargadas del proceso, o personas que tienen conocimiento de cómo trabaja la planta, qué ventajas y desventajas le han encontrado o han notado con el pasar del tiempo a la planta en sí.

Después se aborda una metodología que consiste en un análisis exhaustivo, generando ideas de cómo mejorar el procedimiento, cumpliendo a la vez con las indicaciones o requerimientos impuestos por la persona a cargo del área donde se encuentra y se desarrolla el proceso de anodizado.

De la misma manera se generan las distintas variables, ya expuestas anteriormente, las cuales se seleccionaron con respecto al problema de la tesis y de los objetivos propuestos.

De igual forma se va a realizar una entrevista a los empleados de Coopesa que han hecho uso de la máquina de anodizado, antes de quedar fuera de servicio, y los mismos que van hacer uso de la máquina ya automatizada, donde se le van a hacer preguntas de los pro y los contras del proceso antes realizado.

Dicha encuesta se va a hacer a un número de personal, representativo de acuerdo con el personal capacitado para el uso de la planta y cuyos conocimientos son aptos para realizar el proceso de la mejor manera.

Fuentes Primarias

Es la información utilizada a lo largo de la investigación, se ha utilizado una fuente hoy en día muy empleada por todos o la mayoría de estudiantes,

trabajadores, en fin, todas las personas en general, por su facilidad de acceso y abundancia de información en el campo de estudio.

De igual manera, si bien la información es obtenida de internet, tiene varios autores, no todas las paginas tienen el nombre del autor, algunas solo tienen la dirección IP, otras un nombre que le pone el autor, y muy pocas tienen el nombre real, o al menos un nombre común. De igual manera se agrega el nombre que tengan, respetando los derechos del autor y haciendo constar que se le está haciendo referencia a dicha página.

Técnicas

Se utilizará la entrevista como técnica, que es la comunicación interpersonal establecida entre el investigador y el sujeto de estudio, a fin de obtener respuestas verbales a los interrogantes planteados sobre el problema propuesto. Se considera que este método es más eficaz que el cuestionario, ya que permite obtener una información más completa.

Por medio de ella el investigador puede explicar el propósito del estudio y especificar claramente la información que necesite; si hay interpretación errónea de las preguntas permiten aclararla, asegurando una mejor respuesta. Este tipo de entrevistas es muy útil en los estudios descriptivos y en las fases de exploración para el diseño del instrumento de recolección de datos.

Este procedimiento es altamente valioso y útil para recabar informaciones actualizadas que probablemente no están disponibles en las publicaciones escritas.

El argumento es que las encuestas utilizan a los individuos para extraer de ellos información que luego es procesada sin que medie ningún tipo de "devolución" a quienes dieron origen a los datos. Se dice además, que la situación de la entrevista es un tanto artificial, uno se limita a preguntar y el otro a responder, que es posible formular cuestionamientos muy sólidos sobre la validez de los datos así obtenidos.

Instrumentos

El instrumento por utilizar es el cuestionario, es un instrumento compuesto por un conjunto de preguntas diseñadas para generar los datos necesarios para alcanzar los objetivos del estudio.

Preguntas abiertas

Con este tipo de interrogantes se le permite al encuestado responder con sus propias palabras; aquí no se limitan las opciones de respuesta. Este tipo de preguntas ofrece algunas ventajas. Una es que permite que los encuestados indiquen sus reacciones generales ante un determinado aspecto o rasgo.

Con esto se obtiene mucha información y el entrevistado puede sugerir opciones que no se incluyen en las preguntas de tipo cerrado.

Preguntas cerradas

Estas son preguntas que brindan las opciones de respuesta en una lista y el encuestado debe elegir la respuesta que considere conveniente. Entre las ventajas que tiene realizar este tipo de preguntas, respuestas obtenidas son muy específicas. Por consiguiente es importante utilizar tanto preguntas cerradas como abiertas.

En el cuestionario por aplicar en esta investigación, se utilizarán ambas, sin embargo, dándole prioridad a las preguntas cerradas, ya que son fáciles de tabular y de obtener la respuesta que se requiere, evitando que la persona haga rodeos de la respuesta, o información de poca relevancia.

El cuestionario tendrá un rango de preguntas entre 10 a 15 preguntas, como anteriormente se mencionó la mayoría de preguntas van a ser del tipo cerrado, dejando dos o tres preguntas del tipo abierto. De manera se da la posibilidad a la persona de dar su opinión tanto profesional, como personal a cargo de la máquina que se va a automatizar.

De esta manera el cuestionario se hará de una forma continua, y rápida, sin que se vuelva tediosa para los que la llenen.

3.2.2. Metodología para la implementación del proyecto

La metodología para la implementación del proyecto consiste en generar diferentes propuestas con un mismo objetivo, que es la automatización de todo el

proceso de anodizado, viendo así los diferentes dispositivos que se pueden utilizar y los que no. Se determina el porqué se van a utilizar los que se escojan al final de la investigación, además, evaluar los precios versus la calidad de ellos, ya que lo que se quiere es un sistema que sea económico, pero que a la vez cumpla con los requerimientos, y no genere errores o fallas que hagan un proceso poco confiable y con resultados inválidos.

Por otro lado se tiene que contemplar la parte de salud ocupacional que se quiere incorporar a la implementación, esta para que le dé un soporte y un beneficio a los trabajadores a la hora de realizar el proceso, cumpliendo con todos los estándares de calidad que se requiera para el desarrollo de un buen producto.

Por otro lado ellos se controlan por unos parámetros o bases que tiene que llevar y cumplir el producto terminado, antes de poder realizar el montaje a las diferentes partes del avión.

Además, se van a utilizar instrumentos de la ingeniería industrial como lo es el dibujo en *AutoCAD*, para tener una mejor visualización de cómo se quiere desarrollar el sistema y así sea mejor comprendido por el cliente. De esta manera se pueda atacar las modificaciones o dudas que tenga o quiera realizar el cliente al mismo, antes de realizar el montaje, junto con la programación.

La supervisión, aplicación y aprobación de las diferentes etapas del proyecto se va a llevar de la mano con el investigador de la presente tesis, junto con el jefe del departamento de materiales compuestos, que es el área donde se encuentra y donde se ubicará la planta de anodizado automatizada.

Así que el proyecto generalizado se divide en diferentes etapas, empezando por la visualización y análisis de la planta, seguido por la indagación y estudio del proceso de anodizado como tal. Como tercer etapa de la investigación se consideran los mecanismos o dispositivos que se puedan utilizar para realizar la automatización de la mejor manera. Además se considera la cotización de los precios de los dispositivos ya seleccionados anteriormente. Por último se hará la realización del diseño como tal, representándolo por medio de una maqueta que simule el proceso con sus diferentes pasos y funciones.

3.2.3. Metodología de control

Al realizar la propuesta, esta a su vez conlleva una extensa verificación del cumplimiento de las diferentes etapas junto con sus variables, como lo son la temperatura que se regula por medio de termo-resistencias y que a su vez se lleva un control por medio de una termocupla. Lo anterior comprueba que trabaje de la mejor manera, manteniendo la temperatura entre los parámetros requeridos, para que el proceso se cumpla de una forma exacta.

Después se lleva una verificación de tiempos, en los cuales trabaja un dispositivo que lleva los diferentes tiempos en los cuales se tiene que durar en cada baño y en cada reposo o escurrimiento del producto. Por último y muy importante, se verifica que el dispositivo por implementar para la medida de la corriente que se le aplica en una de las etapas del anodizado sea el que se requiere y que el mismo se mantenga. Lo anterior por cuanto debe estar relacionado con las otras variables de

medición que actúan para que el producto final tenga el espesor y la dureza señalada por las leyes que lo rigen.

Todo lo anteriormente señalado es guiado y estructurado por la persona que ejerce la tesis, la cual es la responsable de que todos los pasos se cumplan de la mejor manera y en el tiempo requerido. Sin embargo, pueden presentarse riesgos o complicaciones que estropeen o retrasen los diferentes pasos, ya planteados, como por ejemplo que la automatización este muy sucia. En otras palabras, que contenga mucho ruido que genere errores en la recolección de datos de las diferentes variables. Por ello se debe tener presente la utilización de dispositivos de confiabilidad,

Siempre se deben tener en cuenta las hojas técnicas de cada dispositivo, de esta manera se asegura de que se vaya a utilizar de la forma más adecuada posible, eliminando los posibles errores o ruidos que se pueda generar por un mal uso. Como punto final se podría realizar un cronograma lo suficientemente sustanciado con los tiempos que se vayan a dar a cada paso, generando de esta manera un mejor orden y una mejor realización de las etapas que se deben desarrollar.

4. CAPÍTULO 4: DIAGNÓSTICO

4.1. Determinación de la situación actual (diagnóstico, causa, situación)

La máquina que utilizaban para realizar el proceso de anodizado en Coopesa se ubica en el hangar de Materiales Compuestos. Se dice utilizaban porque tiempo atrás se dejó de utilizar, como se ha explicado anteriormente. Esto, debido a que una parte de la máquina que se dedicaba a recolectar los datos de la corriente aplicada en el tanque 5, que es el tanque donde se realiza específicamente el proceso de anodizado, dejó de funcionar.

Parte de la máquina que se muestra en la siguiente imagen.



Ilustración 4: Dispositivo de registro de corriente (Máquina de Anodizado de Coopesa)

El proceso en sí que utilizan para realizar el anodizado, se compone de 7 partes, las cuales son actuadas por 6 tanques que realizan funciones diferentes y se contempla además, una zona de secado. Las funciones de cada tanque o de cada

proceso conllevan una etapa fundamental del proceso final, que las mismas ayudan a generar el producto con la calidad solicitada.

Las diferentes etapas del proceso son las siguientes:

- I. Limpieza alcalina.
- II. Lavado.
- III. Desoxidación.
- IV. Lavado.
- V. Anodizado.
- VI. Lavado.
- VII. Secado.

Los tanques 1º, 2º, 3º, 4º y 6º tienen una dimensión de 0.30m de ancho, 3.70m de largo y 1.55m de alto; por otro lado el tanque 5º varía en el ancho, ya que este mide 0.60m.

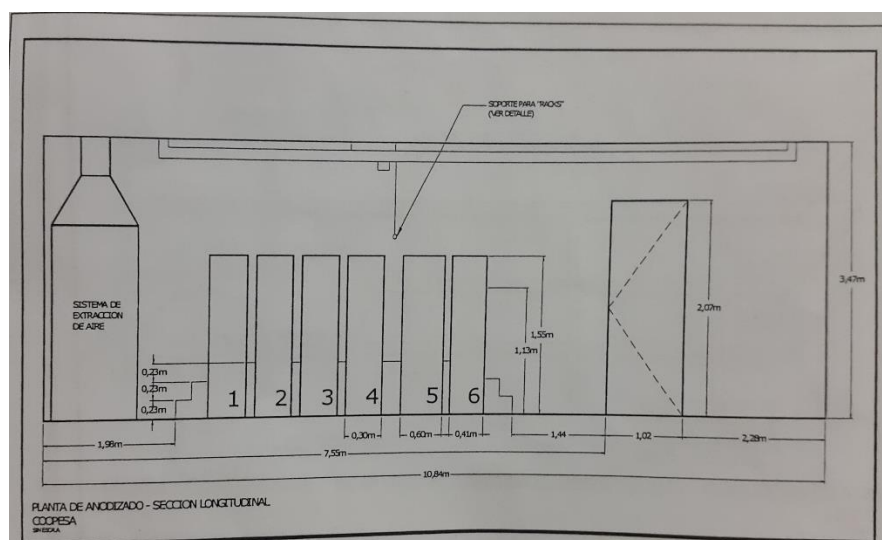


Ilustración 5: Planta de Anodizado - Sección Longitudinal Coopesa

Aparte de los tanques con sus diferentes dimensiones ya mencionadas, la máquina en sí también está comprendida de una parte que se encarga de mantener la temperatura adecuada para procesos específicos donde la temperatura lleva un rol importante. Lo anterior por cuanto esta tiene que ser llevada a una temperatura mayor que la temperatura ambiente y a la misma vez, mantener dicha temperatura durante el proceso en esa etapa o en ese tanque específico.

Dicha temperatura se digita en una LCD por medio de la utilización de 2 botones con forma de flechas con posiciones ascendentes y descendentes, dependiendo de que se quiera incrementar o disminuir la temperatura establecida, dicha LCD y los botones con forma de flecha se muestran en la imagen siguiente:



Ilustración 6: Planta de Anodizado - Temperatura – Coopesa

- a) En el tanque 1º (Limpieza alcalina), la temperatura tiene que estar comprendida entre 49°C a 60°C.
- b) En el tanque 3º (Desoxidante), la temperatura tiene que estar entre 18°C a 32°C.

- c) En el tanque 5° (Anodizado), la temperatura tiene que ser de 25°C con grado de error de +-3°C.

Sin embargo, dicha parte de la máquina solo controla la temperatura del tanque 1°, ya que las temperaturas de el tanque 3° (Desoxidante) y 5° (Anodizado) son relativamente iguales a la temperatura natural del tanque, por lo que no necesita la aplicación de un dispositivo para llegar a la temperatura deseada.

La temperatura del tanque 1° (Limpieza Alcalina) se controla por medio de 3 termocuplas y 3° termorresistencias localizadas en los tres aposentos en el tanque, como se puede visualizar en la siguiente imagen.



Ilustración 7: Tanque 1 (Limpieza alcalina) – Planta de Anodizado – Coopesa

En esos 3 aposentos o envases también se encuentran unas termo-resistencias que hacen que la máquina le genera una corriente que a su vez calienta la termo-resistencia, generando el calor suficiente para llegar a la temperatura deseada, temperatura que es controlada por las termocuplas, antes mencionadas.

Por otro lado, la máquina cuenta con una parte que se encarga de aplicarle corriente al tanque 5°, que es el cual conlleva el proceso de anodizado en sí, dicha máquina cuenta con una 2° LCD's que son donde se representa los amperios

aplicados y los voltios, cada una cuenta con 2 botones con forma de flecha con posiciones ascendente y descendente, dependiendo de que se quiera incrementar o disminuir la corriente y el voltaje aplicado, la corriente tiene que mantenerse en 3A y el voltaje incrementarlo paulatinamente de 0V-15V entre un tiempo establecido y después de ese tiempo mantener los 15V durante otro tiempo, tiempos que se explicarán más adelante.

Además de ello cuenta con otra LCD donde se muestra el inicio de cuando la máquina empieza a aplicarle la corriente, o cuando se detiene, para esas 2 indicaciones cuenta con botones con el nombre de "START" que es el botón que se acciona cuando se quiere empezar a aplicar la corriente con el voltaje. Posee otro botón con el nombre de "STOP" que es el que se acciona cuando se quiere detener o dejar de aplicar la corriente. Aparte se cuenta con otros botones con diferentes funciones importantes como el "TIMER" para ponerle un tiempo que se quiere aplicar la corriente, otros botones como el "UP" y "DOWN" para incrementar o disminuir el tiempo de aplicación, entre otros.

Dichas LCD's y los botones se muestran en la imagen siguiente:

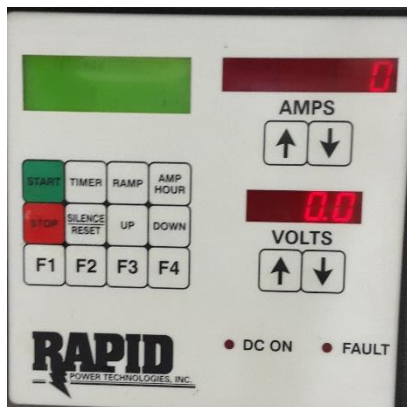


Ilustración 8: Máquina aplicación de corriente - Planta de Anodizado de Coopesa

Ahora bien en cada tanque se realiza un trabajo diferente que lleva características y elementos que se aplican en cada uno de ellos.

La numeración o el orden en que se va llevando el proceso con sus respectivas características, es el siguiente:

I. Limpieza alcalina

- a. Lleva H₂O (agua), tiene como propósito ser solvente, este conlleva una especificación de 5-8 onz/gal (onzas por galon).
- b. Turco 4215-NC-LT, es una mezcla granular blanca usada para la limpieza de la lámina de aluminio, tiene la función de soluto, con una proporción de 107kg (kilogramos).
- c. La temperatura de esta etapa tiene que ser entre 49°C - 60°C, por lo que se usa 54°C por ser punto medio, y de ese punto se usa un +/-3°C de error.

- d. Esta etapa tiene una duración entre 10 a 15 minutos, más 2 minutos más de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar la lámina a cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.



Ilustración 9: Tanque 1 (Limpieza Alcalina) – Coopesa

II. Lavado

- a. Esta etapa de lavado solo lleva H₂O, que se usa como solvente, la función del agua en esta etapa es lavar la lámina de los residuos alcalinos que quedan después del proceso del primer tanque.
- b. Esta etapa tiene una duración de 5 minutos, en los cuales la lámina está sumergida en el agua, y durante ese tiempo desprendiéndose los residuos, más 2 minutos de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar la lámina a cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.



Ilustración 10: Tanque 2 (Lavado) – Coopesa

III. Desoxidación.

- a. Lleva H₂O (agua), tiene como propósito ser solvente, este conlleva una especificación de 10-20 onz/gal (onzas por galón).
- b. Lleva ácido nítrico es un químico, líquido, viscoso y corrosivo, este lleva una proporción de 298.4 litros.
- c. Lleva deoxidizer 6/16, este químico se utiliza con el ácido nítrico para que juntos generen un baño eficiente de desoxidación, este con el propósito de bajar la resistencia a la lámina de aluminio para que el proceso en el tanque 5 (anodizado) tenga más impacto y mayor eficacia. Este químico lleva una especificación de 102 litros.
- d. Esta etapa tiene una especificación de temperatura de 16°C - 32°C por lo que se aplica una temperatura de 24°C como punto medio.

- e. Esta etapa tiene una duración de 10-20 minutos, más 2 minutos de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.



Ilustración 11: Tanque 3 (Desoxidación) – Coopesa

IV. Lavado

- a. Esta etapa de lavado solo lleva H₂O que se usa como solvente, la función del agua en esta etapa es lavar la lámina de los residuos alcalinos que quedan después del proceso del primer tanque.
- b. Esta etapa tiene una duración de 5 minutos, en los cuales la lámina está sumergida en el agua, y durante ese tiempo desprendiéndose los residuos, más 2 minutos de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar la lámina a cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.



Ilustración 12: Lavado – Coopesa

V. Anodizado

- a. Lleva H₂O (agua), tiene como propósito ser solvente, este conlleva una especificación de 10-16 onz/gal (onzas por galón).
- b. Lleva ácido fosfórico es transparente, ligeramente amarillento. Este lleva la función de dar resistencia a la lámina de aluminio ante la oxidación. La cantidad que lleva este tanque de dicho ácido es de 400kg (kilogramos).
- c. Esta etapa se realiza a una temperatura de 24°C con un +/-3°C.
- d. Este lleva una aplicación de 3A junto con 15V, los cuales de 0V se va aumentando paulatinamente +1V dentro de un rango de 5 minutos, al llegar a los 15V se tienen que mantener durante 20-25 minutos, más 2 minutos de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar la lámina a cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.

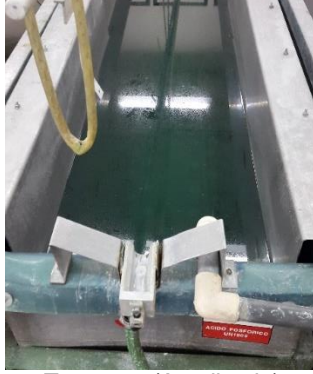


Ilustración 13: Tanque 5 (Anodizado) – Coopesa

VI. Lavado

- a. Esta etapa de lavado solo lleva H₂O que se usa como solvente. La función del agua en esta etapa es lavar la lámina de los residuos alcalinos que quedan después del proceso del primer tanque.
- b. Esta etapa tiene una duración de 5 minutos, en los cuales la lámina está sumergida en el agua, y durante ese tiempo desprendiéndose los residuos, más 2 minutos de tiempo de escurrido, en el cual tienen que elevar la lámina a cierta altura que deje de tocar el líquido del tanque.



Ilustración 14: Tanque 6 (Lavado) – Coopesa

VII. Secado

- a. La etapa de secado dura alrededor de 10 minutos.
- b. Durante esta etapa se realiza la etapa de inspección del producto final junto con el proceso. Las inspecciones que se realizan son:
 - i. Una inspección visual de aspecto de la lámina para ver si trae defectos como manchas, zonas quemadas, arañazos, líneas de marcado, etc.
 - ii. Se realiza una verificación de la gráfica de la corriente que sea continua y el voltaje. Además, del manejo del tiempo, tanto la duración del aumento paulatino del voltaje, como el tiempo cuando se mantiene los 15V junto con los 3A.
 - iii. Por último se realiza una verificación de color de la superficie de la lámina de aluminio. En dicha verificación se usa un equipo que irradia luz fluorescente sobre la lámina de aluminio con un ángulo de 5° y un filtro polarizador. Donde se busca un cambio constante de la superficie de anodizado.

4.2. Recolección de datos

4.2.1. Entrevista (No estructurada)

Se aplicó una entrevista no estructurada al jefe del Departamento de Materiales Compuestos, la cual se fue desarrollando conforme avanzaba el dialogo, dichas preguntas y respuestas fueron las siguientes:

i. ¿Qué problema tiene?

El problema con que se cuenta es que hace tiempo la máquina que se encarga de realizar el proceso de anodizado, no se puede utilizar.

ii. ¿Por qué no se puede utilizar?

La máquina de anodizado no se puede utilizar ya que se dañó la parte de la máquina que se encargaba de recolectar e imprimir los datos de la corriente y el voltaje que se le aplica. Esta parte es muy importante ya que sin ella no se puede dar a constar que el proceso se realizó de la mejor manera, haciendo de esta forma que no se puede hacer uso de la lámina anodizada.

iii. ¿Cuál es su necesidad?

Mi necesidad es reparar la parte de la máquina que se encarga de recolectar los datos de la corriente y el voltaje.

iv. ¿Qué rendimiento ha tenido el proceso antes de dañarse?

El rendimiento ha sido aceptable, sin embargo ha habido cierto porcentaje de pérdida de material, ya que por ser un procedimiento semiautomático, por errores humanos se ha tenido que desechar

láminas de aluminio por un mal control de tiempos durante el proceso, mal control de temperatura o mal control de la aplicación del voltaje en un tiempo adecuado.

- v. **¿Qué le parece automatizar el procedimiento? En caso de ser afirmativo, ¿Con cuánto presupuesto se cuenta para realizar la automatización?**

Me interesa bastante la idea y se quiere realizar el proyecto con una inversión baja.

4.2.2. Observación

La planta de anodizado de Coopesa tienen variables positivas que se pueden utilizar y otras variables negativas que ahí es donde se aplica el proyecto para mejorar esos huecos o debilidades que tiene dicho proceso.

Al ingresar al cuarto donde se encuentra la planta, la primer variable que se puede encontrar o apreciar es el fuerte olor de los químicos, un olor tan fuerte que no le permite a una persona permanecer un largo tiempo.

En el primer tanque se trabaja con *ALKALINE CLEANER* conocido también como “Turco 4215 NC-LT”, este químico contiene fluoruros. Los fluoruros son compuestos binarios o sales de flúor y otro elemento, estos pueden causar quemaduras retardadas, esto significa que no son dolorosas, ni tampoco visibles inmediatamente. Por otro lado la exposición prolongada con este químico puede causar fluorosis, esta provoca irritación cutánea, provoca irritación ocular grave, además de provocar somnolencia o vértigo.

Una de las prevenciones para que estas causas de la inhalación de este químico no ocurran es evitar respirar durante un tiempo prolongado el mismo.(Henkel, 2016).



Ilustración 15: Tanque 1 (Limpieza alcalina) – Planta de Anodizado – Coopesa

La segunda variable que se logra observar es que la barra transportadora donde se monta la lámina de aluminio para poder movilizarla a lo largo del proceso es de manera semiautomática, a la cual nos referimos, el movimiento se divide en dos partes, una parte horizontal y otra vertical.

La parte vertical la realiza un motor de 115Vac (volts), con 0.6 HP (horse power o caballos de fuerza) y 60Hz (hertz), este motor junto con un mecate de hierro y el peso de la banda transportadora más el de la lámina de anodizado crean el movimiento vertical.

Este movimiento se ve intervenido por un control el cual contiene dos botones uno para descender la banda transportadora y otro para ascenderla, junto con un convertidor de giro; como se visualizar en la siguiente imagen:



Ilustración 16: Banda transportadora (Mecanismo de Movimiento)– Motor (Movimiento Vertical) – Coopesa

El movimiento horizontal es la parte que se hace manualmente, esta se mueve por medio de unos rieles donde va montado la banda transportadora, como se puede observar en la anterior imagen.

Para este movimiento no hay ningún mecanismo automático que lo logre mover por cuenta propia, por lo que se requiere de dos empleados para que por medio de unas cadenas ejerzan una fuerza hacia el lado que se quiere mover la banda transportadora, ya sea para la derecha o izquierda, haciendo de este proceso meno eficiente.



Ilustración 17: Banda Transportadora (Mecanismo de movimiento) - Movimiento Horizontal - Coopesa

Este mecanismo de movimiento crea un trabajo que si no se capacita a las personas que van a controlar este movimiento pueda generar a corto, mediano y largo plazo problemas físicos como dolor de músculos, problemas en la espalda, piernas y brazos, así como desgarres, entre otros.

Por otro lado la zona donde se posicionan y desarrollan el movimiento de la banda queda en una elevación mayor a la del suelo y la falta de una baranda o algún mecanismo de protección genera un riesgo al trabajador a la hora de aplicar la fuerza para ejercer el movimiento, riesgo que puede generar una caída, ocasionando golpes leves o graves, torceduras, cortaduras, traumas a diferentes partes del cuerpo, quebradura de algún hueso, o en el peor de los casos ocasionar contacto o hasta sumersión en los tanques con los químicos que podrían traer graves consecuencias a la salud del trabajador o electrocutarse con el proceso del tanque 5 (anodizado).



Ilustración 18: Plataforma para movimiento horizontal - Coopesa

La tercera variable es el sistema encargado de tomar los datos de la corriente y el voltaje e imprimirlo.

Este sistema al ser un sistema un poco primitivo es difícil tener una forma de darle soporte al mismo, ya que no se cuenta con un contacto que le pueda dar soporte a los técnicos o encargados de realizarle mantenimiento a la máquina, además de que muchas de sus partes ya no se consiguen en caso de dañarse, como lo es el caso presente, el sistema dejó de funcionar y los técnicos de la empresa no tenían los conocimientos para poder reparar el dispositivo, y tampoco se tenía un contacto o institución que los tuviera, por lo que imposibilitó el poder reparar el mismo.

Además que el sistema imprimía los datos conforme los iba recolectando y no los guardaba en ninguna memoria, lo cual genera otro problema en caso de que se rompa la hoja con los datos, se ensucie, o se pierda.

Estos datos son de mucha relevancia ya que el proceso de anodizado dependen de 3 variables. La primera variable es la corriente que se le aplique, la segunda variable el voltaje, y la tercera el tiempo en el cual se dure aplicando las dos primeras variables. Estas en conjunto generan o modifican la cuarta y más importante variable que es la que se toma como punto inicial para modificar las primeras 3 variables, la cual es el grosor de la capa de anodizado.

Este grosor se ve controlado por las 3 variables ya mencionadas por medio de una formula, que se puede observar a continuación, según la bibliografía de Arthur W.Brace “The Technology of Anodizing Aluminium”:

$$\text{Espesor} = \frac{\text{Tiempo}(\text{minutos}) * \text{Densidad de corriente} (A/m^2)}{340}$$

Por consiguiente no se puede validar que el proceso se generó correctamente según la política de la empresa sin estos datos, para poder instalar o hacer uso de la lámina de aluminio anodizada en ningún avión al cual le hacen mantenimiento o alguna reparación.



Ilustración 19: Planta de anodizado - Coopesa

La cuarta variable es el sistema el cual usan para llevar un control de la temperatura y los tiempos.

En cuanto a la temperatura usan termocuplas para llevar control de ella y termorresistencias para variar la temperatura a ala que se quiere llegar. En el tanque 1 (Limpieza alcalina), lleva 3 de cada una de ellas, esto para evitar el sesgo que pueda tener el dispositivo encargado de la recolección de datos, ya que la temperatura empleada aquí, es la temperatura más alta del proceso, de esta forma se quiere evitar una pico de temperatura por la avería de una de ellas.

En el tanque 3 (Desoxidación) y 5 (anodizado), estas 2 temperaturas aunque no son las mismas que la del tanque 1 (Limpieza alcalina), no son controladas por el dispositivo, ya que son relativamente iguales a la temperatura ambiente del tanque, haciendo así de que no se necesite una aplicación extra de calor para llegar a la temperatura requerida.

Por otro lado el control y registro del tiempo se va tomando manualmente, a que se refiere con eso, a que una persona tiene que encargarse de tomar los

tiempos de cada uno de los procesos, además de apuntarlos en el formato donde se apunta las temperaturas, esto para llevar un control y presentarlo como prueba de que los tiempos se efectuaron correctamente.

Este método lleva ciertas deficiencias ya que según hechos ocurridos anteriormente, al ser un método poco práctico y por otras variables a los encargados de llevar el control del tiempo se le ha pasado dicho valor, generando que el proceso no se efectuara como tiene que ser y por consiguiente se tenga que desechar la lámina, de esta manera, perdiendo tiempo, que al final es dinero, perdiendo material, gastando electricidad, desgaste en los dispositivos, etc. Además de perder efectividad y eficiencia en cuanto entregar el producto al cliente en este caso el avión con las reparaciones o mantenimientos solicitados o requeridos.

El formato donde se apunta las temperaturas y tiempos de todo el proceso se presenta a continuación:

1. Work Order	Assembly Sheet P/N	Lot #
Scope This form is to be used to document the anodizing process per BAC 555, applicable Process Specification Department (PSD) and OEM SRM. Ensure that safety glasses and latex gloves are worn while working on the anodizing booth.		
2. Anodizing Process		
5.1. Pre-cleaning If present, remove oil or grease by vapor degrease or manual solvent clean. This step may be omitted when the parts are not excessively greasy or oily.	6. Mech.	7. Temp.
5.2. Racking parts a. Rack parts properly. Use soft wire as required to ensure good electrical contact between details and the aluminum bar. b. Do not allow details to dry between an step to the next one.		
5.3. Alkaline cleaning a. Verify that bath temperature is between 120°F to 140°F. Record temperature _____ °F b. Agitate the tank after prolonged standing to ensure uniformity of concentration. c. Immerse in tank No. 1 solution (cleaner) for 10 to 15 minutes. TD _____ °F d. Rinse details into tank No. 2 (cold water rinse) for 5 minutes minimum. e. Check for water break free surfaces. If water breaks occur repeat step 5.3 as necessary.		
5.4. Deseoxidizing a. Verify that bath temperature is between 65°F to 90°F. Record temperature _____ °F b. Immerse in tank No. 3 solution (deseoxidizer) for _____ TD _____ °F • 10 to 20 minutes for initial processing. • 10 to 20 minutes for reprocessing. Only one reprocessing is permitted. c. Rinse details into tank No. 4 (cold water rinse) for 5 minutes minimum. d. Check for water break free surfaces.		
5.5. Phosphoric acid anodizing a. Verify that bath temperature is 77°F±2°F. Record temperature _____ °F b. Immerse in tank No. 5 (PAA). Starting from 0 voltage, raise to a potential of 15.1 volts at a uniform rate not to exceed 5 minutes. Maintain the potential for 20 to 25 minutes. c. Remove part from anodize solution and stop rinsing within two minutes. d. Rinse details into tank No. 6 (cold water rinse) for 5 minutes minimum. NOTE 1: Time elapsed from interruption of current to start rinse shall not exceed 2.5 minutes for any detail of the lot. NOTE 2: If potential is interrupted or drifts outside the operating range, or if discontinuous current draw is observed, repeat from step 5.4.		
5.6. Acceptance Inspection a. Perform visual inspection for the presence of following defects: smut, stains, burned areas, pits, porosity, and oxide free. b. Verify that correct film color, continuous and uniform (film range) to ensure they are within recommended limits above. c. Perform color test of the surface to see if it shows color. Use fluorescent light source on the anodized area at a 5 degree angle and a polarizing filter. Look for a constant change in color on the anodized surface.		
6. Adhesive Primer Application		
6.1. Adhesive P/N _____ Coopers # of number _____ Sub-KG # _____ a. Allow primer to warm to a minimum of 60°F prior to application. b. Prior to use, agitate primer in the original container for 15 minutes. c. The primer shall be spray applied. d. Apply the primer to a cured layer thickness of 0.00015 to 0.0004 inches. e. Prime all details to be bonded. Apply a uniform cross coat of primer. f. Cure primer for 60 min at 250°F ± 10°F or at 30 min and co-cure during bonding.		
CAUTION: Primer must be cured within 120 hours after initial coat application.		
6.2. Date printed: _____ time: _____		

Ilustración 20: Formato de Proceso de Anodizado - Coopesa

4.3 Desarrollo de maqueta de simulación del proceso

El chasis del prototipo se realizó de un material llamado “acrílico”, por su buena resistencia y su buen acabado. El prototipo es controlado por un arduino nano, el cual es alimentado por una fuente de 12V-1A, a su vez dicho voltaje es convertido a 5 voltios por medio de un regulador de voltaje.

El movimiento horizontal es realizado por un motor de imanes permanentes de 12VDC el cual se controla por medio del chip L293 el cual integra un puente H, este tiene la capacidad de entregar la corriente necesaria para el motor así como su control de dirección y parad. Las señales de control pertinentes al control del L293 se hace por medio del arduino nano y el movimiento vertical para sumergir la lámina en los tanques es realizado por un servomotor el cual también es controlado por el arduino nano.

El funcionamiento de la banda transportadora (movimiento horizontal) es realizado por medio de un algoritmo que controla de forma secuencial los movimientos del motor DC, al inicio este se mueve hacia la izquierda hasta activar el interruptor final de carrera. En ese momento se sabrá que el motor está colocado en la posición cero, una vez en la posición cero por medio de señales temporizadas y cambios de direcciones del motor, se logra colocar el motor en la posición deseada.

En el tanque 1º va a haber un sensor de temperatura (LM35Z) el cual va a leer la temperatura del tanque, esta temperatura será alterada por medio de una resistencia que varíe el calor del tanque; los datos leídos serán enviados al Arduino nano el cual desplegará los datos a la LCD.

Al culminar con un tiempo ya indicado en la programación haciendo noción al tiempo del proceso real, este va a ascender la banda transportadora a una altura adecuada para simular el tiempo en el cual la lámina va a escurrir el químico del primer tanque. Después de ello va a terminar de ascender y se va a dirigir al tanque 2º.

En el tanque 2º va a descender y tomar el tiempo del segundo proceso, después va a ascender a una altura adecuada para que escurra y después va a terminar de ascender y se va a dirigir al tanque 3º.

En el tanque 3º va a descender, tomar el tiempo el cual corresponder al proceso de desoxidación, después haciende a una altura adecuada para que escurra el químico, termina de ascender y se dirige al tanque 4º.

El tanque 4 hace el mismo proceso que en el tanque 2º. Después se va a dirigir al tanque 5º.

En el tanque 5º va a simular la aplicación de la corriente y el voltaje del proceso real, el cual consiste en la aplicación de 3 amperios y aumentar paulatinamente el voltaje de 0 a 15V y después mantener los 15V durante un tiempo

ya establecido. Dichos datos son guardados en la SD en formato .TXT, estos datos después podrán ser exportados a formato *Excel o Word*, esto con el fin de que se puedan visualizar en cualquier computadora con mayor comodidad. Por otro lado estos datos son representados en la LCD para una mejor comprensión del estado del proceso. Cuando termina este proceso la banda transportadora asciende hasta una altura adecuada para que el mismo escurra y después termina de ascender y se dirige al tanque 6°.

El tanque 6° hace el mismo proceso que el tanque 2° y 4°.

Después la banda transportadora es enviada al punto inicial donde espera la señal para volver a realizar todo el proceso.

5. CAPÍTULO 5: DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

Después de un largo estudio de las necesidades del cliente, se generó 3 propuestas valorando en ellas diferentes puntos como lo son la calidad y el costo-beneficio, las cuales fueron presentadas al mismo.

Al final el cliente eligió una de ellas, la cual es la que se va a implementar cuando se pasen de instalaciones y de esta manera implementando la misma como mejora de la máquina.

5.1. Propuesta 1

La primera propuesta se basó en un estándar más guiado a la calidad, dejando el costo en segundo plano, eso pensando en la funcionalidad y estética del trabajo. Dicha propuesta utiliza un PLC marca Festo y actuadores con aire comprimido.

Item	Codigo	Cantidad	Descripción del Producto	Tiempo Entrega	Precio Unitario	Precio Total
1		1	EGC-80-7000-TB-KF-0H-GK Actuador Electrico con Correa Dentada		USD 10,844.04	\$10,844.04
2		1	EAMM-A-L48-60G Axial Kit		USD 1,335.74	\$1,335.74
3		1	EMGA-60-P-G5-SAS-70 Transmisión		USD 1,222.88	\$1,222.88
4		1	EMMS-AS-70-M-RS Servor Motor		USD 2,745.48	\$2,745.48
5		1	CMMS-AS-C4-3A-G2 Controladores de Motor		USD 2,624.02	\$2,624.02
6		2	NEBM-M23G6-E-5-N-LE7 Cable de Potencia del Servomotor		USD 620.88	\$1,241.76
7		1	CACN-3A-1-5 Power supply unit		USD 408.64	\$408.64
8		1	CECC-D Controlador IPC		USD 558.84	\$558.84
9		1	NECC-L2G24-C1 Conectores		USD 43.45	\$43.45
10		1	NECC-L2G4-C1-M Conectores		USD 9.32	\$9.32
11		1	CDPX-X-A-W4 Unidad de indicación y control		USD 1,846.33	\$1,846.33
Subtotal:						\$22,880.50
SISTEMA DE DESPLAZAMIENTO						\$0.00
Total tras descuento						\$ 22,880.50
Impuesto:						\$2,974.47
Total:						\$25,854.97

5.2. Propuesta 2

La segunda propuesta fue basada en una nivelación entre calidad y costos, de esta forma tener una buena calidad, pero no dejando de lado la parte de costo, y siempre manteniendo cierto margen de estética.

Esta segunda propuesta utiliza un PLC FX marca “Mitsubishi” con 14 entradas y 10 salidas, este sería el mecanismo que llevaría el control del procedimiento, junto con el tiempo de cada paso y por otro lado enviaría señales a los otros dispositivos con funciones específicas.

SERIE FX es una Familia de PLC'S del tipo compacto con fuente de poder incluida, comandos de posicionamiento, contadores de alta velocidad, amplia memoria, módulos análogos, conectividad a redes y salidas de transistor o relé. Es el PLC ideal para aplicaciones medianas a grandes. Nuestros módulos FX le ofrecen una poderosa herramienta en los que en el mismo CPU y sin necesidad de módulos adicionales, puede obtener generadores de tren de pulsos de hasta 200000Hz independientes al *run time* del CPU. Su capacidad máxima es de 30 I/O.

Para el movimiento de la banda transportadora se conforma por 2 motores, un motorreductor trifásico de 0.5HP el cual se encargaría del movimiento horizontal, junto con un variador de frecuencia para establecer la dirección del movimiento del giro del motor. Para el movimiento vertical se utilizaría el motor con el que cuenta la máquina junto con su sistema de inversión de giro.

La posición de la banda transportadora va a ser guiada por 13 sensores de proximidad inductivos, los cuales 7 de ellos van a ir en el techo en posición con los

tanques, esto para el movimiento horizontal del sistema, dichos sensores le van a envía una señal al PLC. Cada uno de esos siete sensores van a tener una entrada ya asignada, la cual mediante el programa elaborado va a tener cierta función, ya sea accionar el motor usado para el movimiento horizontal, o detenerlo.

Los otros seis sensores de proximidad inductivos restantes van a ir colocados en la parte superior de cada uno de los tanques, uno por cada tanque, en total seis. Estos sensores van a tener la función de enviarle una señal al PLC en la misma entrada del sensor que se encuentra en el techo, en dirección al tanque donde se encuentra este.

El PLC, por medio de dichos sensores le entran señales de los dos sensores que trabajan en conjunto en una misma entrada y por medio de diferentes comandos en programación, estos le van a mostrar o dar a conocer dónde se encuentra la banda transportadora y de esta manera que el mismo pueda tomar una decisión de cuál es el siguiente paso que tiene que generar.

Además de ello, se van a utilizar dos equipos con los que ya cuenta la máquina, los cuales el equipo encargado de controlar la temperatura y el equipo encargado de aplicar la corriente: esto para disminuir costos. Sin embargo se le va a hacer un acople del PLC con la máquina que controla la corriente y el voltaje aplicado, esto para que el PLC pueda hacer uso de la máquina. Con el cual el PLC le va a indicar al equipo cuánta cantidad de voltaje tiene que ir aplicando y cuándo tiene que incrementarla o mantenerla.

La recolección del voltaje y la corriente que se le aplica al tanque 5^o (anodizado), se hará con una dona, la cual recolecta el voltaje y otra dona recolecta la corriente, el PLC envía dichos datos a una LCD, la cual tiene la función de representarlos y además de ello convertirlos a formato *Excel* o *Word* y al mismo tiempo los envía a una computadora.

Dispositivo	Precio (\$)	Cantidad	Precio (colones)
PLC	\$ 494.00	1	₡ 276,640.00
Módulo I/A	\$ 263.00	1	₡ 147,280.00
Sensor Corriente	\$ 200.00	1	₡ 112,000.00
Bobina 24Vdc	\$ 12.00	5	₡ 33,600.00
Base bobinia	\$ 6.00	5	₡ 16,800.00
LCD	\$ 1,700.00	1	₡ 952,000.00
Motorreductor	\$ 505.00	1	₡ 282,800.00
Variador	\$ 250.00	1	₡ 140,000.00
Sensor de Proximidad	\$ 26.00	13	₡ 189,280.00
TOTAL	\$ 3,456.00	29	₡ 2,150,400.00

5.3. Propuesta 3

La segunda propuesta fue basada en una nivelación entre calidad y costos, de esta forma se tiene una buena calidad, pero no dejando de lado la parte de costo, y siempre manteniendo cierto margen de estética.

Esta segunda propuesta utiliza un PLC FX marca “Mitsubishi” con 14 entradas y 10 salidas, este sería el mecanismo que llevaría el control del procedimiento, junto con el tiempo de cada paso y por otro lado enviaría señales a los otros dispositivos con funciones específicas.

Para hacer mención de cómo se utilizarían las entradas, seis de ellas serían para botones, tanto de inicio del proceso, paro de emergencia y para mover de manera manual la banda transportadora, tanto de derecha a izquierda, como de arriba abajo. siete de ellas se utilizarían para los sensores de proximidad.

Para el movimiento de la banda transportadora se conforma por dos motores, un motorreductor trifásico de 0.5HP el cual se encargaría del movimiento horizontal, junto con un variador de frecuencia para establecer la dirección del movimiento del giro del motor. Para el movimiento vertical se utilizaría el motor con el que cuenta la máquina junto con su sistema de inversión de giro.

La posición de la banda transportadora va a ser guiada por trece sensores de proximidad inductivos, de los cuales siete de ellos van a ir en el techo en posición con los tanques, esto para el movimiento horizontal del sistema. Dichos sensores le van a enviar una señal al PLC. Cada uno de esos siete sensores van a tener una entrada ya asignada, la cual mediante el programa elaborado va a tener cierta función, ya sea accionar el motor usado para el movimiento horizontal, o detenerlo.

Los otros seis sensores de proximidad inductivos restantes van a ir colocados en la parte superior de cada uno de los tanques, uno por cada tanque, en total seis.. Estos sensores van a tener la función de enviarle una señal al PLC en la misma

entrada del sensor que se encuentra en el techo, en dirección al tanque donde se encuentra este.

El PLC, por medio de los dos sensores introduce señales que trabajan en conjunto en una misma entrada y por medio de diferentes comandos en programación, le van a mostrar o dar a conocer dónde se encuentra la banda transportadora y de esta manera que el mismo pueda tomar una decisión de cuál es el siguiente paso que tiene que generar.

Además de ello se van a utilizar dos equipos con los que ya cuenta la máquina, de los cuales está el equipo encargado de controlar la temperatura y el equipo encargado de aplicar la corriente. Esto tiene la función de disminuir costos. Sin embargo se le va a hacer un acople del PLC con la máquina que controla la corriente y el voltaje aplicado, esto para que el PLC pueda hacer uso de la máquina. De esta manera el PLC le va a indicar al equipo cuánta cantidad de voltaje tiene que ir aplicando y cuándo tiene que incrementarla o mantener.

La recolección del voltaje y la corriente que se le aplica al tanque 5° (anodizado), se hará con un arduino, el cual por medio de un sensor de corriente y otro de voltaje va a ser la recolección de los mismos cada cierto tiempo que va indicado. Estos datos los va a guardar en la SD en formato .TXT, estos datos después podrán ser exportados a formato *Excel* o *Word*. Lo anteriormente señalado, con el fin de que se puedan visualizar en cualquier computadora con mayor comodidad y de esta manera se pueda crear un gráfico o una tabla, la opción que el cliente prefiera para representar los datos para aprobar que el proceso se realizó de la mejor manera.

Dispositivo	Precio (\$)	Cantidad	Precio (colones)
PLC	\$ 494.00	1	¢ 276,640.00
Cable alimentación arduino	\$ 11.00	1	¢ 6,160.00
Sensor Corriente	\$ 2.00	5	¢ 5,600.00
Bobina 24Vdc	\$ 12.00	5	¢ 33,600.00
Base bobinia	\$ 6.00	5	¢ 16,800.00
Shield SD	\$ 5.00	2	¢ 5,600.00
Arduino UNO WIFI	\$ 22.00	1	¢ 12,320.00
Motorreductor	\$ 505.00	1	¢ 282,800.00
Variador	\$ 250.00	1	¢ 140,000.00
Sensor de Proximidad	\$ 26.00	13	¢ 189,280.00
TOTAL	\$ 1,333.00	35	¢ 968,800.00

5.4. Programación en PLC de la propuesta

Para iniciar con la explicación de la programación en PLC es importante hacer un reconocimiento de las entradas y salidas que se van a utilizar a lo largo de la

programación, por lo tanto se muestra la siguiente tabla con el número de entrada y salida, con su respectiva función.

Entradas	Función	Salida	Función
X0	Botón On/Off	Y0	Motor 1 – Derecha
X1	Libre	Y1	Motor 1 – Izquierda
X2	Botón Paro de Emergencia	Y2	Motor 2 – Descendente
X3	Botón Motor 1 –Derecha	Y3	Motor 2 – Ascendente
X4	Botón Motor 1 –Izquierda	Y4	Pulsos – Incremento de Voltaje
X5	Botón Motor 2 – Descendente	Y5	Señal para Arduino – Inicio recolección de corriente
X6	Botón Motor 2 – Ascendente	Y6	Led – Inicio
X7	Sensor de Proximidad – Posición Inicial/Final	Y7	Led – Sensores
X10	Sensor de Proximidad – Tanque 1 (<i>Alkaline Cleaner</i>)	Y10	Led – Paro de Emergencia
X11	Sensor de Proximidad – Tanque 2 (<i>Water Rinse</i>)	Y11	Libre
X12	Sensor de Proximidad – Tanque 3 (<i>Deoxidizer</i>)		
X13	Sensor de Proximidad – Tanque 4 (<i>Water Rinse</i>)		
X14	Sensor de Proximidad – Tanque 5 (<i>Phosphoric Acid Anodize</i>)		
X15	Sensor de Proximidad – Tanque 6 (<i>Water Rinse</i>)		

Después de mencionar las entradas y salidas y sus funciones durante la programación, se va a mencionar la conversión en cuanto a tiempos que tiene el PLC a la hora de correr en línea.

Tiempo Real	Tiempo PLC
2min	K1200
5min	K3000
15min	K9000
20min	K12000
25min	K15000

Una vez mencionada la utilización de las entradas y salidas, además de la conversión de los tiempos para que el PLC tenga una exactitud con los tiempos de los procesos, se procede a explicar por partes la programación.

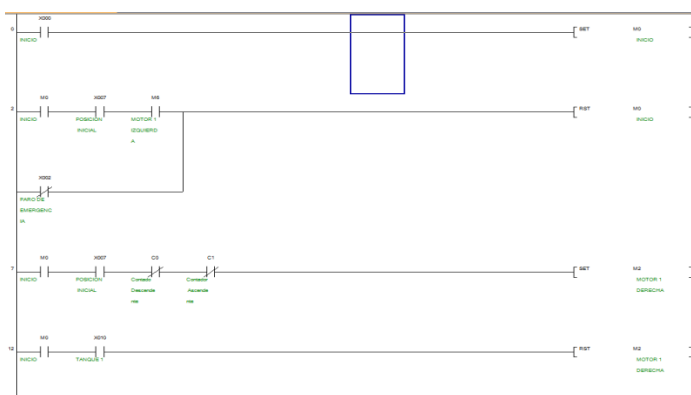
La programación inicia en la línea #0 al accionar el botón de inicio, este a su vez “setea” la memoria que se utiliza para dar inicio al proceso.

En la línea #2 para *resetear* la memoria que da inicio al proceso, se necesita la señal de la misma memoria, la señal del sensor de posición inicial/final y la memoria que se encarga del movimiento hacia la izquierda del motor #1 o bien cuando se acciona el botón de paro de emergencia.

La línea #7, al estar “seteado” la memoria de inicio, al estar activado el sensor de inicio/final y a su vez que el contador que indica cuando la lámina está dentro del

tanque (C0) y el contador cuando la banda está sobre el tanque, después de realizar el proceso (C1) no estén accionados va a “setear” la memoria M2 que es la memoria encargada de indicarle al motor que se mueva para la derecha.

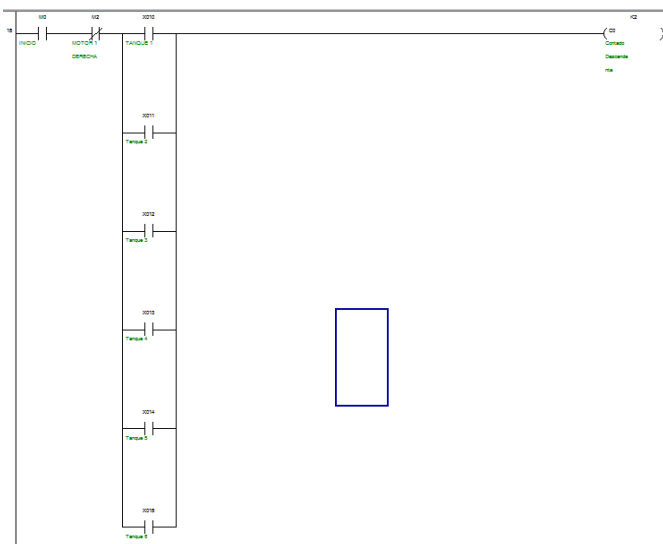
La línea #12 indica que al accionarse la memoria de inicio y el sensor superior del tanque 1 se va a *recetear* la memoria M2 que a su vez detiene el movimiento hacia la derecha del motor 1.



La línea #15, al estar accionado la memoria de inicio, al no estar accionado la memoria para el movimiento hacia la derecha del motor 1 y al accionarse el sensor superior del tanque 1, le manda un pulso al contador C0. Este tiene un conteo de 2 pulsos, el primero es cuando la banda transportadora está sobre el tanque, el segundo pulso es el que va a accionar el contador, es la señal que le enviaría el sensor que está en el tanque, que es el que se utiliza para indicar al PLC cuando la lámina está dentro del tanque. Este contador es de 2 pulsos, ya que cada tanque

lleva 2 sensores de proximidad, tanto el que va en la parte superior del tanque (cerca del cielorraso), como el que va en el tanque.

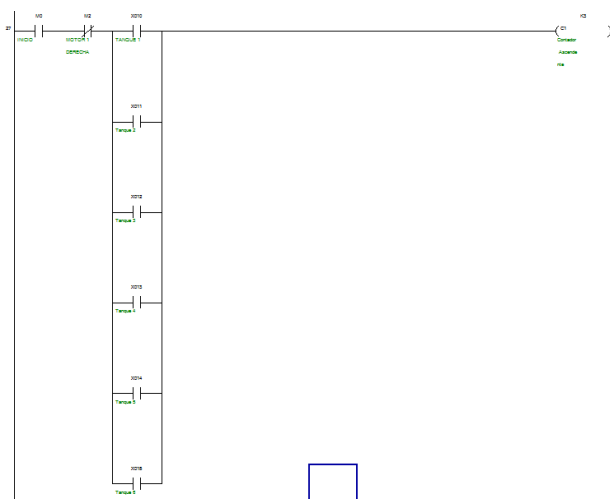
Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, por lo tanto se puso las señales de los sensores que corresponden a cada tanque en paralelo.



La línea #27 al estar accionado la memoria de inicio, y al no estar accionado la memoria para el movimiento hacia la derecha del motor 1 y al accionarse el sensor superior del tanque 1, le manda un pulso al contador C0, este tiene un conteo de 3 pulsos, el primero es cuando la banda transportadora está sobre el tanque, el segundo pulso es cuando la lámina está dentro del tanque y el tercer pulso que es el que va a accionar el contador es la señal que le enviaría el sensor que está sobre el

tanque una vez que haya descendido al tanque y vuelto a ascender. Este es el que se utiliza para indicar al PLC cuando la banda transportadora está sobre el tanque después de haber hecho el proceso que le correspondía al tanque. Este contador es de 3 pulsos, ya que cada tanque lleva 2 sensores de proximidad, tanto el que va en la parte superior del tanque (cerca del cielorraso), como el que va en el tanque.

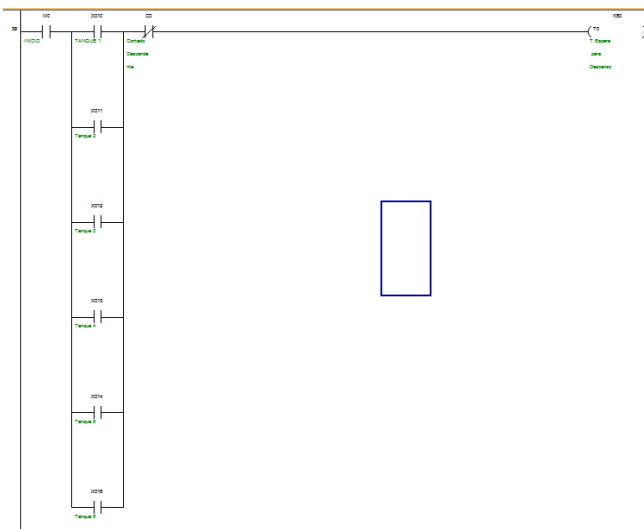
Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, por lo tanto, se puso las señales de todos los sensores que corresponden a cada tanque en paralelo.



La línea #39 indica que cuando se acciona la memoria de inicio, el sensor de proximidad que se encuentra sobre el tanque 1 y el conteo C0 no este accionado, se activa el “timmer” T0 K50 que es un tiempo para la transición entre que se detenga el motor 1 cuando gira hacia la derecha y el motor 2 se actúe el movimiento de descenso.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques.

El contacto cerrado C0 es una condición, esta funciona para que ese “timmer” no se vuelva a accionar cuando la banda transportadora ascienda después de realizar el proceso del tanque en que se encuentre.



En la línea #51 cuando la memoria de inicio se acciona, el “timmer” de espera cuando se detiene el motor 1 después de realizar el movimiento hacia la derecha y cuando se acciona el motor 2 para el descenso, y cuando el contador C0 este sin accionar se acciona la memoria M3 que está a su vez es la que se encarga de accionar el descenso del motor 2.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques.

El contacto cerrado C0 es una condición, esta funciona para que ese “timmer” no se vuelva a accionar cuando la banda transportadora ascienda después de realizar el proceso del tanque en que se encuentre.

La línea #55 indica que cuando la memoria de inicio se acciona y el conteo C0 que es el que indica cuando la lámina está sumergida dentro del tanque, resetea la memoria M3 que está a su vez detiene el movimiento de descenso del motor 2.

La línea #58 cuando la memoria de inicio, el conteo C0 y el sensor que está en el tanque 1 se accionan, y el conteo C1 que es el que indica cuando la banda transportadora esta sobre el tanque 1 después de realizar el proceso que le corresponde al tanque, no está accionado; activa un “timmer” T1 k9000 que es el que se encarga de llevar el tiempo del proceso de “alkaline cleaner” que es de 15 minutos.

El contacto cerrado C1 es una condición, esta funciona para que ese “timmer” no se vuelva a accionar cuando la banda transportadora ascienda después de realizar el proceso del tanque en que se encuentre.

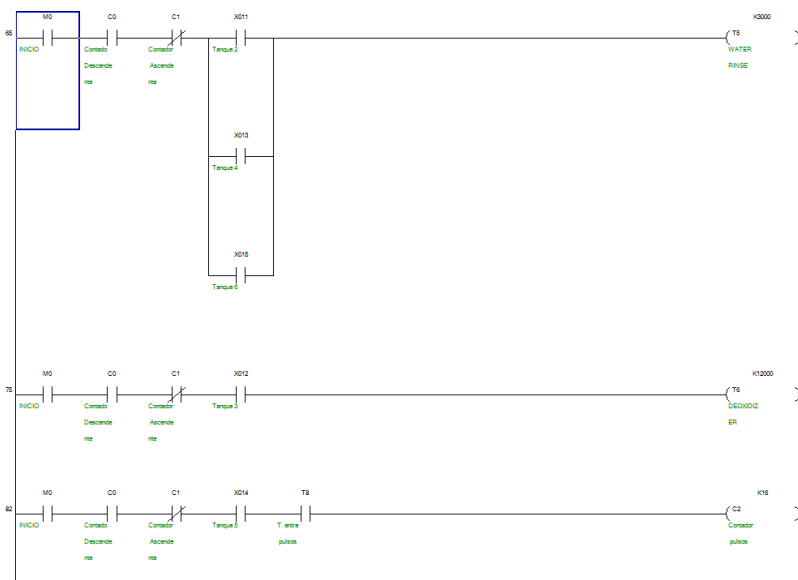


La línea #65 cuando la memoria de inicio, la del conteo C0, y el sensor del tanque 2, 4 o 6 están accionados, y el contador C1 no está accionado; activa un “timmer” T5 k3000 que es el que se encarga de llevar el tiempo del proceso “water

rinse” que es el proceso que corresponde al tanque 2, 4 y 6 con un tiempo real de 5 minutos.

La línea #75 indica que cuando la memoria de inicio, el contador C0 y el sensor del tanque 3 están accionados, y el contador C1 no está accionado; activa un “*timmer*” T6 k12000 que es el que se encarga de llevar el tiempo del proceso “*deoxidize*” que es el proceso que corresponde al tanque 3 con un tiempo real de 20 minutos.

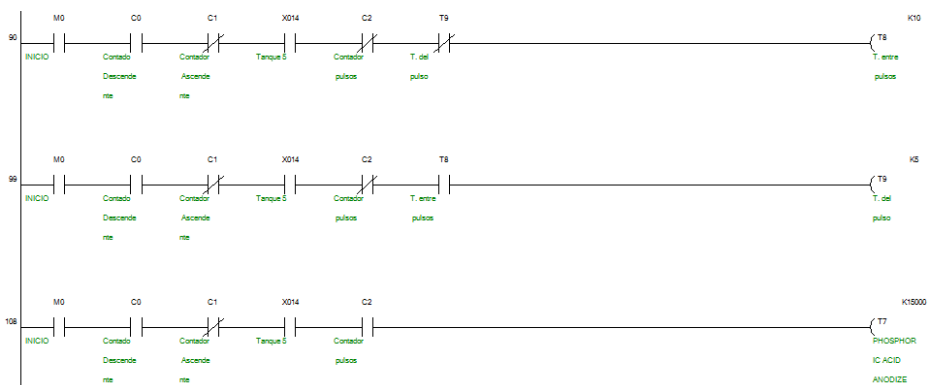
La línea #82 muestra que cuando la memoria de inicio, el contador C0, el sensor del tanque 5 y el “*timmer*” T8 que es el tiempo entre cada pulso, y el contador C1 no está accionado; le envía un pulso al contador C2 que es el que lleva el conteo de cuantos pulsos se ha enviado a la máquina que se encarga de suministrarle la corriente al proceso del tanque 5q, este envía 15 pulsos, esto accionando esa línea 15 veces, por medio del accionamiento y des accionamiento del “*timmer*” T8.



La línea #90 cuando se acciona la memoria de inicio, el contador C0 y el sensor del tanque 5, y por otro lado no se ha accionado el contador C1, el contador C2 y el “timmer” T9 se activa el “timmer” T8 que es el que indica cada cuanto tiene que incrementar el voltaje en el proceso del tanque 5 (anodizado).

La línea #99 indica que cuando se acciona la memoria de inicio, el contador C0, el sensor del tanque 5 y el “timmer” T8, y por otro lado no se ha accionado el contador C1 y el contador C2; se activa el “timmer” T9 que es el que brinda un pequeño tiempo para que se genere el pulso para incrementar el voltaje en el proceso del tanque 5 (anodizado).

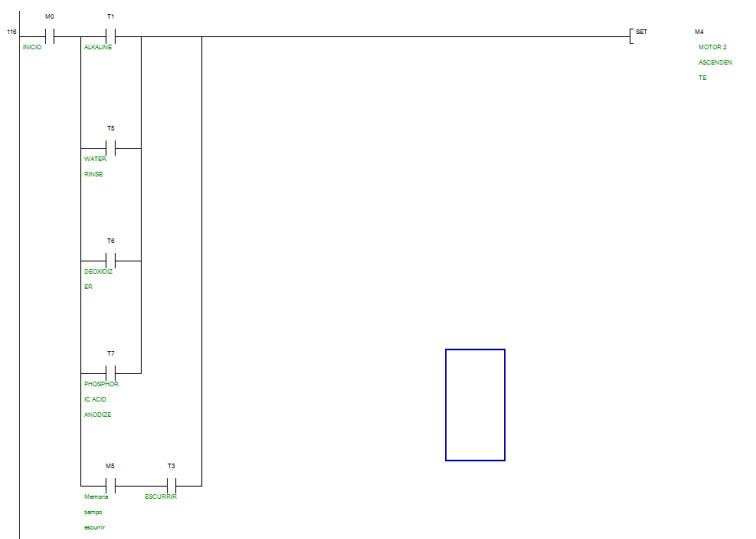
En la línea #108 enseña que cuando se acciona la memoria de inicio, el contador C0, el sensor del tanque 5 y el contador C2, y por otro lado no se ha accionado el contador C1 se activa el “timmer” T7 K15000 que es el que se encarga de llevar el tiempo del proceso “*phosphoric acid anodize*” que es el proceso que corresponde al tanque 5 con un tiempo real de 25 minutos.



En la línea #116 revela que cuando se acciona la memoria de inicio y el “*timmer*” T1; “setea” la memoria M4 que es la que a su vez acciona el motor 2, realizando el movimiento ascendente.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, como se puede apreciar en la imagen con los “*timmers*” T5, T6 y T7.

Aparte de los tanques esta memoria también se ve accionada cuando se acciona la memoria M5 que es la memoria que se utiliza para realizar el tiempo para que la lámina se escurra después de cada proceso junto con el “*timmer*” T3 que es el tiempo que se programó para realizar la función ya mencionada.

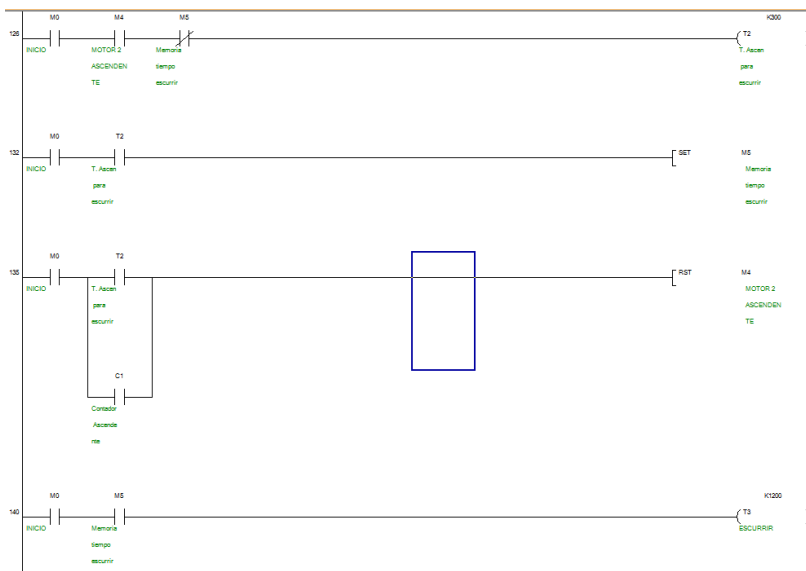


La línea #126 cuando se acciona la memoria de inicio, la memoria M4 que se encarga del accionar el motor 2 para el movimiento ascendente de la banda transportadora y a su vez la memoria M5 no está accionada; se acciona el “*timmer*” T2 que es el tiempo que transcurre mientras el motor 2 esta accionado con el movimiento ascendente de la banda transportadora.

En la línea #132 dice que cuando la memoria de inicio esta accionada y termina el conteo del “*timmer*” T2; “setea” la memoria M5, que es la memoria que se utiliza más adelante para realizar el tiempo para escurrir.

En la línea #135 cuando la memoria de inicio esta accionada y se activa T2 después de terminar el tiempo anteriormente indicado resetea la memoria M4 que a su vez se encarga de detener el movimiento ascendente de la banda que realiza el motor 2. Esta memoria también se resetea cuando la memoria de inicio y el contador C1 se accionan, esta segunda sucede más adelante cuando la banda transportadora llega a la parte superior de los tanques donde se encuentra los sensores que corresponden a cada tanque.

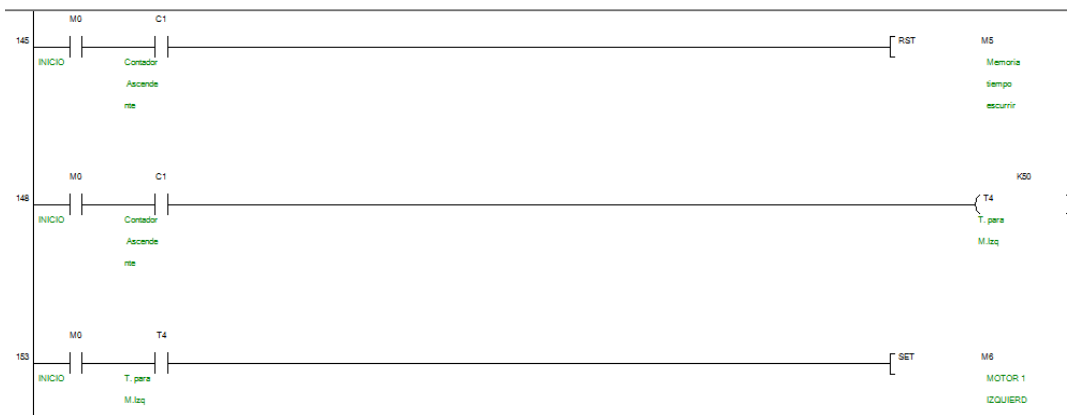
La línea #140 indica que cuando la memoria de inicio esta accionada y se “setea” la memoria M5 acciona este contacto que pertenece a dicha memoria, estos en conjunto accionan el “*timmer*” T3 que tiene como función el tiempo que se programó para que la lámina escurra después de cada proceso.



En la línea #145 cuando se acciona la memoria de inicio y el contador C1, resetea la memoria M5 que es la memoria que se usó para accionar el “timmer” con el tiempo programado para que la lámina escurriera.

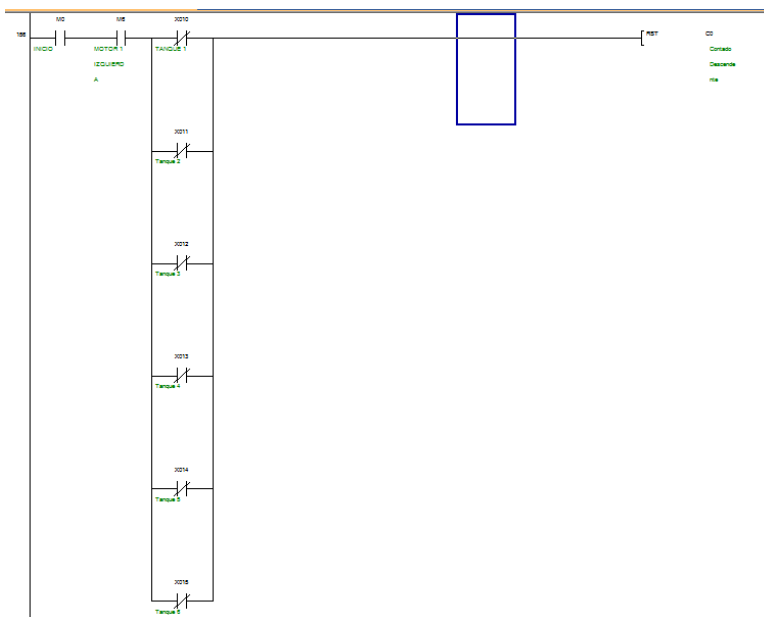
En la línea #148 muestra que cuando se acciona la memoria de inicio y se acciona el contador C1 que es el que se utiliza para que el PLC sepa que la banda se encuentra en la parte superior del tanque después de transcurrir el proceso del tanque, estos activan el “timmer” T4 que es el que se encarga de un pequeño tiempo para que se detenga el motor 2 y después del tiempo se accione el motor 1 con el movimiento hacia el siguiente tanque.

En la línea #153 enseña que cuando se activa la memoria de inicio y el “timmer” T4 anteriormente indicado, “setea” la memoria M6 que es la encargada de accionar el movimiento hacia la izquierda del motor 1.



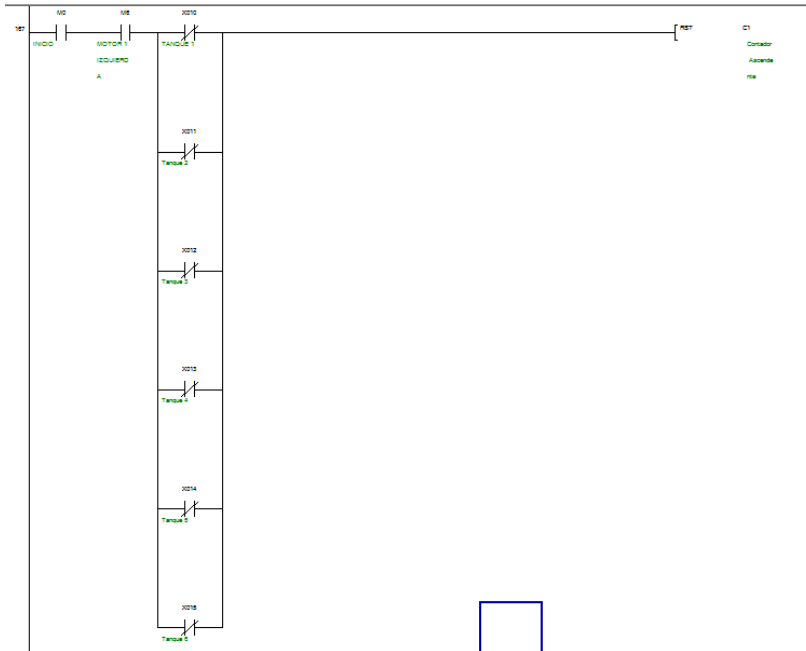
En la línea #156, cuando se acciona la memoria de inicio, la memoria M6 que realiza el movimiento hacia la izquierda y si no está accionado X10 que es la entrada donde se encuentra el sensor superior del tanque 1; resetea el contador C0.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, como se puede apreciar en la imagen con X11, X12, X13, X14 Y X15.



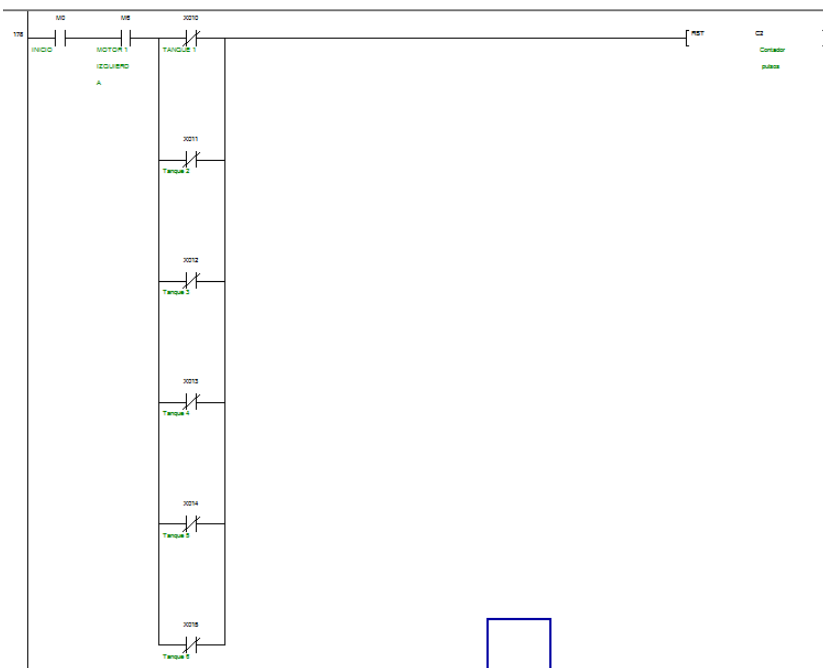
En la línea #167 indica que cuando se acciona la memoria de inicio, la memoria M6 que realiza el movimiento hacia la izquierda y si no está accionado X10, que es la entrada donde se encuentra el sensor superior del tanque 1; resetea el contador C1.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, como se puede apreciar en la imagen con X11, X12, X13, X14 Y X15.



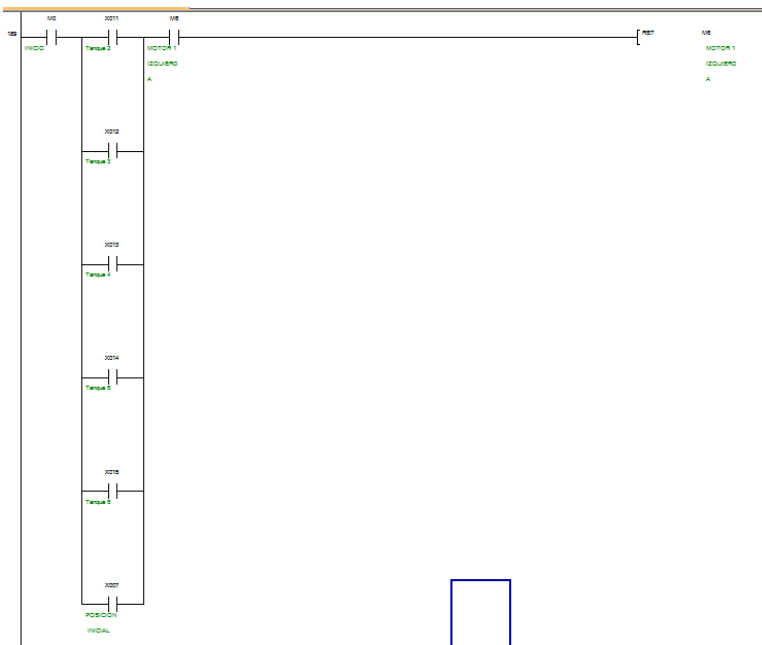
En la línea #178, cuando se acciona la memoria de inicio, la memoria M6 que realiza el movimiento hacia la izquierda y si no está accionado X10, que es la entrada donde se encuentra el sensor superior del tanque 1; resetea el contador C2.

Esta parte de la programación es la misma para todos los tanques, como se puede apreciar en la imagen con X11, X12, X13, X14 Y X15.



En la línea #189 indica que cuando se acciona la memoria de inicio, la memoria M6 que realiza el movimiento hacia la izquierda y se está accionado X11 que es la entrada donde se encuentra el sensor superior del tanque 2; resetea la memoria M6 que se encarga de accionar el motor 1 para que realice el movimiento hacia la izquierda.

Esta parte de la programación es la misma para los tanques 3, 4, 5, 6 y la posición inicial/final, como se puede apreciar en la imagen con X7, X12, X13 y X14.

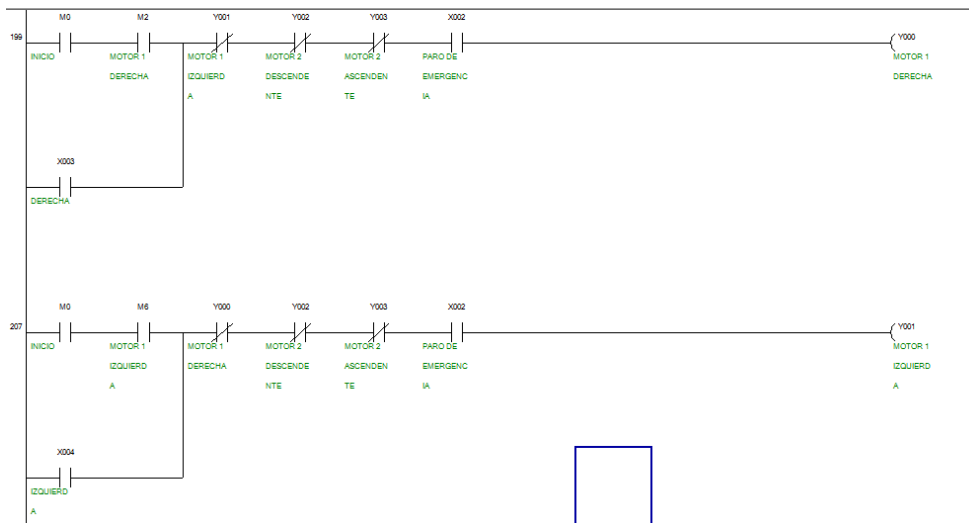


La línea #199, cuando acciona la memoria de inicio y la memoria M2 que se utiliza para realizar el movimiento hacia la derecha de la banda transportadora, acciona la salida Y0 que se encarga de realizar el movimiento hacia la derecha donde se utiliza el motor 1 para realizar esta tarea. Aparte de ello se colocan varios condiciones como medidas de prevención, los cuales son contactos cerrados de las salidas Y1, Y2, Y3 que son las salidas utilizadas para realizar los movimientos del motor 1 hacia la izquierda, del motor 2 descendente y del motor 2 ascendente. Esto para prevenir que no se accionen manual o automáticamente ambas salidas de un mismo motor, sino que si realizan esta acción se deshabiliten ambas acciones. Aparte de ello, también se coloca un contacto abierto de la entrada del paro de emergencia. Esta condición lo que realiza es que cuando se accione el paro de

emergencia, al ser este de polaridad invertida, va a dejar de accionar este interruptor, y de esta manera detiene el accionamiento de la salida Y0. Además, la entrada X3 que corresponde al botón para realizar manualmente el movimiento de la banda transportadora hacia la derecha, está en paralelo con la memoria M0 y M2, dando la posibilidad de accionar dicha función solo accionando el botón.

La línea #207 revela que cuando acciona la memoria de inicio y la memoria M6 que se utiliza para realizar el movimiento hacia la izquierda de la banda transportadora, acciona la salida Y1 que se encarga de realizar el movimiento hacia la izquierda, donde se utiliza el motor 1 para realizar esta tarea. Aparte de ello se colocan varias condiciones como medidas de prevención, los cuales son contactos cerrados de las salidas Y0, Y2, Y3 que son las salidas utilizadas para realizar los movimientos del motor 1 hacia la derecha, del motor 2 descendente y del motor 2 ascendente. Lo indicado para prevenir que no se accionen manual o automáticamente ambas salidas de un mismo motor, sino que si realizan esta acción se deshabiliten ambas acciones

. Aparte de ello, también se coloca un contacto abierto de la entrada del paro de emergencia, esta condición lo que realiza es que cuando se accione el paro de emergencia, al ser este de polaridad invertida, va a dejar de accionar este interruptor. De esta manera detiene el accionamiento de la salida Y1. Además, la entrada X4 que corresponde al botón para realizar manualmente el movimiento de la banda transportadora hacia la izquierda, está en paralelo con la memoria M0 y M2, dando la posibilidad de accionar dicha función únicamente accionando el botón.



La línea #215 demuestra que cuando acciona la memoria de inicio y la memoria M3 que se utiliza para realizar el movimiento descendente de la banda transportadora, acciona la salida Y2 que se encarga de realizar el movimiento descendente donde se utiliza el motor 2 para realizar esta tarea. Aparte de ello, se colocan varias condiciones como medidas de prevención, los cuales son contactos cerrados de las salidas Y0, Y1, Y3 que son las salidas utilizadas para realizar los movimientos del motor 1 hacia la derecha, del motor 1 izquierda y del motor 2 ascendente

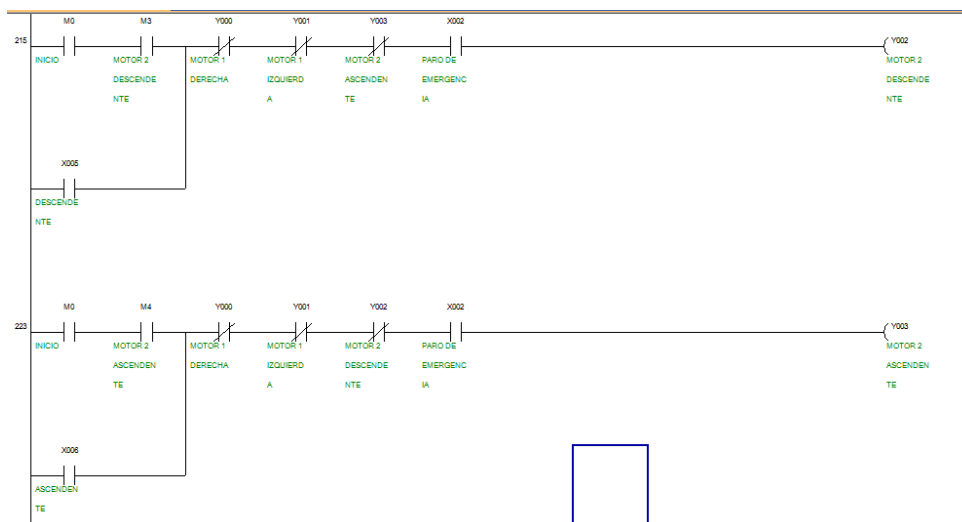
Lo anterior se realiza para prevenir que no se accionen manual o automáticamente ambas salidas de un mismo motor, sino que si realizan esta acción se deshabiliten ambas acciones simultáneamente. Aparte de ello también se coloca un contacto abierto de la entrada del paro de emergencia, esta condición lo que realiza es que cuando se accione el paro de emergencia, al ser este de polaridad

invertida, va a dejar de accionar este interruptor, y de esta manera se detiene el accionamiento de la salida Y2. Además, la entrada X5 que corresponde al botón para realizar manualmente el movimiento descendente de la banda transportadora está en paralelo con la memoria M0 y M2, dando la posibilidad de accionar dicha función solo accionando el botón.

La línea #223 cuando acciona la memoria de inicio y la memoria M4 que se utiliza para realizar el movimiento ascendente de la banda transportadora, acciona la salida Y3 que se encarga de realizar el movimiento ascendente donde se utiliza el motor 2 para realizar esta tarea.

Aparte de ello, se colocan varias condiciones como medidas de prevención las cuales son contactos cerrados de las salidas Y0, Y1, Y2 que son las salidas utilizadas para realizar los movimientos del motor 1 hacia la derecha, del motor 1 izquierda y del motor 2 descendente, esto para prevenir que no se accionen manual o automáticamente ambas salidas de un mismo motor, sino que si realizan esta acción se deshabiliten ambas acciones.

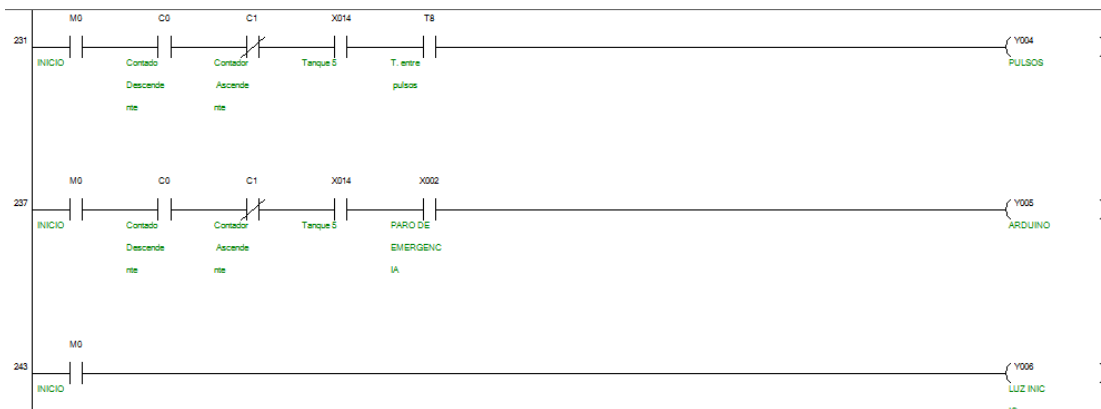
Aparte de ello, también se coloca un contacto abierto de la entrada del paro de emergencia, esta condición lo que realiza es que cuando se accione el paro de emergencia, al ser este de polaridad invertida, va a dejar de accionar este interruptor, y de esta manera deteniendo el accionamiento de la salida Y3. Además, la entrada X6 que corresponde al botón para realizar manualmente el movimiento ascendente de la banda transportadora, está en paralelo con la memoria M0 y M2, dando la posibilidad de accionar dicha función solo se logra accionando el botón.



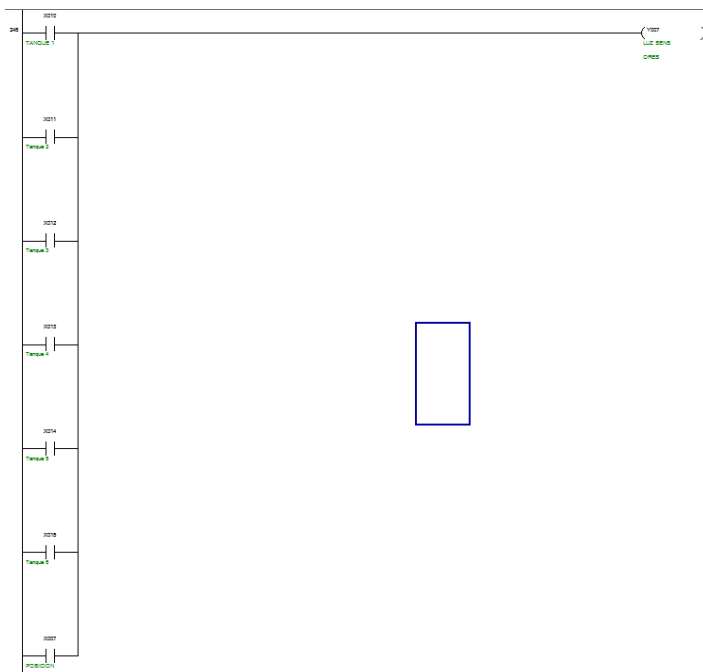
En la línea #231 demuestra que cuando se acciona la memoria de inicio, el contador C0, el sensor del tanque 5 y se acciona el “timmer” T8, junto con el contador C1 sin accionar, acciona la salida Y4 que genera el pulso que se necesita para realizar el aumento del voltaje que se aplica en el tanque 5 (anodizado).

En la línea #237, cuando se acciona la memoria de inicio, el contador C0 y el sensor del tanque 5, junto con el contador C1 sin accionar, y X2 sin accionado que es la entrada que se utiliza para el paro de emergencia que tiene polaridad invertida, acciona la salida Y5 que genera el inicio del programa de arduin. Este toma los datos de la corriente, estos datos los va a guardar en la SD en formato .TXT. Estos datos después podrán ser exportados a formato *Excel o Word*, esto con el fin de que se puedan visualizar en cualquier computadora con mayor comodidad, ya que se utilizaran más adelante para validar el proceso de anodizado.

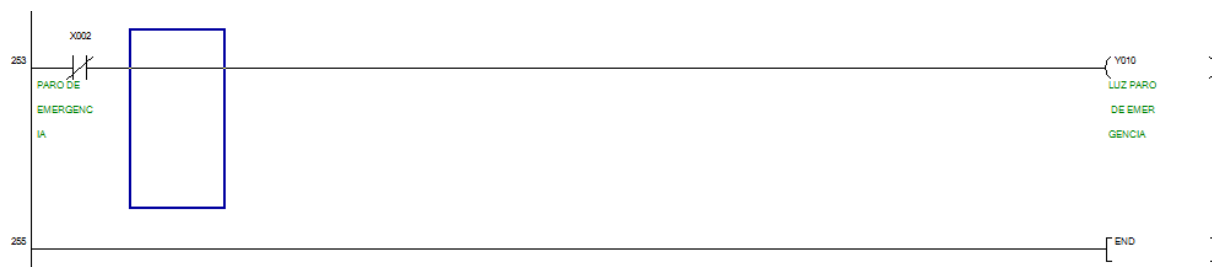
En la línea #243, cuando se acciona la memoria de inicio se acciona la salida Y6 que a su vez enciende un LED indicando que la máquina está realizando todo el proceso.



En la línea #245 indica que cuando alguno de los sensores está censando, valga la redundancia, la banda transportadora, activa la salida Y7 que a su vez enciende un LED, indicando dicho censado. Esta salida se ve activada cuando cualquier sensor de proximidad de todos los tanques está censando la banda transportadora.



En la línea #253 se indica que cuando se acciona el botón de paro de emergencia, al ser este de polaridad invertida, deja de accionar la entrada X2 por lo consiguiente, al poner un contacto normalmente cerrado este estaría cerrado, y de esta manera accionaria la salida Y10, que a su vez enciende el LED, indicando que se acciono el botón de paro de emergencia, y que todos los sistemas están inhabilitados.



5.5. Programación sensor de corriente ACS712

- 1) Se empieza definiendo una variable *“float”*, donde la sensibilidad es de 0.185 por amperio, ya que se está usando la versión del sensor de 5A.
- 2) Después se inicializa el puerto serial.
- 3) Seguidamente se genera una *“float”*, donde se define el número de veces que se va a medir la entrada del sensor, para sacar la media aritmética y de esta manera disminuir el ruido, esto se usa como filtro.
- 4) En la siguiente línea se indica que imprima la corriente y el valor de la corriente con 3 decimales.
- 5) Para el cálculo de la corriente se define 2 variables de tipo *“float”* y después un *“for”* donde se va a utilizar la variable tipo *“float”* llamada *Idc* que es la que indica cuántos datos se tienen que tomar para poder sacar la media y así disminuir el ruido. En el mismo se define *leerACs712* es la entrada analógica A0 por 5 que es el voltaje que le aplica el arduino al sensor de corriente dividido entre 1023
- 6) En el mismo *for* se indica que la intensidad, va a ser igual a la intensidad por el valor de la función anterior menos 2.5 que va a ser el valor en voltaje que se utiliza como punto medio de la medición de

la entrada (0A) y esto se divide por la sensibilidad que anteriormente se había dicho que es de 0.185.

- 7) Cuando se repite el for, el número de veces definido (500), se continua con la última función que va a ser dividir ese número de datos sumados (intensidad) y dividirlos el número de muestras anteriormente definido como igual a 500.

```
float Sensibilidad=0.185;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float Idc=calculoCorriente(500);
  Serial.print("Corriente: ");
  Serial.print(Idc,3);
  delay(100);
}

float calculoCorriente(int numeroMuestras)
{
  float leerAcs712 = 0;
  float intensidad = 0;
  for(int i=0;i<numeroMuestras;i++)
  {
    leerAcs712 = analogRead(A0) * (5/1023);
    intensidad = intensidad+(leerAcs712-2.5)/Sensibilidad;
  }
  intensidad=intensidad/numeroMuestras;
  return(intensidad);
}_
```

5.5. Programación tarjeta SD

La programación empieza incluyendo la librería para la SD.

Después se nombran unas variables que se utilizan en la librería.

Se define en cual pin del *arduino* va a ir conectado a la comunicación para enviar los datos a la SD.

Seguidamente se inicia la comunicación serial.

Después se “setea “ el pin 10 que se había nombrado “chipSelect” como salida, que es el pin que se va a utilizar para enviar los datos a la SD.

El siguiente paso se “setea” el tipo de SD que se está utilizando.

Posteriormente se empieza a “setear” el espacio que se tiene la SD.

Y por último se guarda los datos en un archivo con la fecha y la hora y el tamaño del mismo.

```
#include <SD.h>

Sd2Card card;
SdVolume volume;
SdFile root;

const int chipSelect = 10;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(chipSelect, OUTPUT);
  Serial.print("\nCard type: ");
  switch(card.type())
  {
    case SD_CARD_TYPE_SD1:
      break;
    case SD_CARD_TYPE_SD2:
      break;
    case SD_CARD_TYPE_SDHC:
      break;
    default:
  }
  uint32_t volumesize;
  volumesize = volume.blocksPerCluster();
  volumesize *= volume.clusterCount();
  volumesize *= 512;
  volumesize /= 1024;
  volumesize /= 1024;
  root.openRoot(volume);
  root.ls(LS_R | LS_DATE | LS_SIZE);
}
```

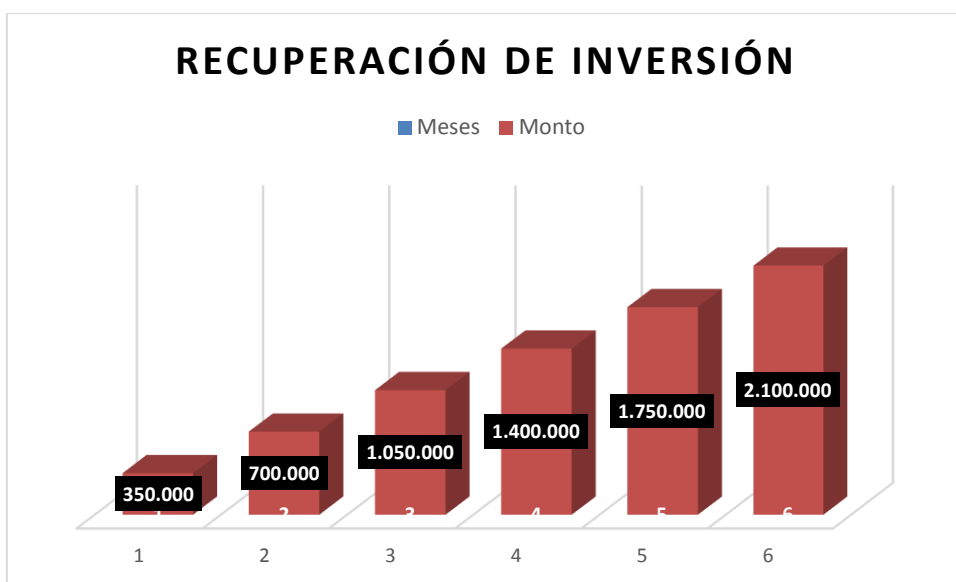
5.6. Costos-Beneficio

La tercer propuesta que fue la aceptada por el cliente tiene un costo de 968,800 colones, esto sin contar materiales como cable, contactores, la estructura de metal donde va a ir soportado el motor que se va a incorporar y el variador de frecuencia, el instrumento que se use para cubrir los cables, además, de las etiquetas para numerar y tener un fácil reconocimiento de los cables, soporte de los

sensores y demás, los pulsadores, botón de paro de emergencia, el gabinete donde va a estar el PLC, contactores, entre otros; esto generando que el costo de la propuesta se vea inflada rondando entre 1,500,000 – 2,000,000 de colones.

Dispositivo	Precio (\$)	Cantidad	Precio (colones)
PLC	\$ 494.00	1	¢ 276,640.00
Cable alimentacion arduino	\$ 11.00	1	¢ 6,160.00
Sensor Corriente	\$ 2.00	5	¢ 5,600.00
Bobina 24Vdc	\$ 12.00	5	¢ 33,600.00
Base bobinia	\$ 6.00	5	¢ 16,800.00
Shield SD	\$ 5.00	2	¢ 5,600.00
Arduino UNO WIFI	\$ 22.00	1	¢ 12,320.00
Motorreductor	\$ 505.00	1	¢ 282,800.00
Variador	\$ 250.00	1	¢ 140,000.00
Sensor de Proximidad	\$ 26.00	13	¢ 189,280.00
TOTAL	\$ 1,333.00	35	¢ 968,800.00

Un operador de Coopesa que se encarga de realizar el proceso con la máquina actual cuenta con un salario rondando los 350,000 colones por mes. Por consiguiente la empresa necesita un tiempo de 6 meses para recuperar la inversión realizada para aplicar la propuesta ya mencionada.



Por otro lado, en un tiempo de un año la empresa tendría una ganancia de 4,200,000 colones, generando una ganancia significativa y haciendo que la implementación de esta propuesta sea una buena inversión. Cabe mencionar que en el cálculo de ganancia no se está tomando en cuenta las pérdidas que se estaba teniendo por desaprovechar material por mal control del proceso al estarse realizando y controlando manualmente.



6. CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 6.1.** Se determinó las variables asociadas al proceso de anodizado y registro de la corriente actual, así como tecnologías de automatización del proceso existentes.
- 6.2.** Se realizó el análisis de deficiencias que tiene la máquina en cuanto a seguridad, haciendo constar los puntos débiles de la máquina actual, y a su vez tomándolos en cuenta en la generación de las propuestas.
- 6.3.** Se investigó los productos en el mercado y sus diferentes precios, así como las diferentes opciones en cuanto a la tecnología existente que se pueden utilizar para el diseño de la mejora de la planta de anodizado.
- 6.4.** Se presentaron tres diferentes propuestas al cliente basándose en costo y calidad, el cual eligió la que más se adecuaba a sus necesidades y presupuesto. Esto generando un mayor involucramiento y comprensión entre el cliente y la propuesta final.
- 6.5.** Se evaluó la propuesta con la aplicación de un análisis de costo-beneficio, presentando y haciendo constar el beneficio que le traería el proyecto a la empresa, tanto económica mente por medio de una gráfica ganancia vs. tiempo, como en cuanto a seguridad de sus empleados, haciendo que la máquina opere automáticamente, disminuyendo el tiempo de contacto que tendrían los trabajadores con la máquina y sus químicos.

- 6.6.** Se desarrolló un diseño para la mejora del proceso actual de anodizado y registro de la corriente para Coopesa, por medio de la automatización para la disminución de los costos de reparaciones.

RECOMENDACIONES

- Instalar un sistema supresor de picos para proteger el sistema de alguna anomalía en la corriente que se le aplica a cada dispositivo.
- Limpiar el polvo de los sistemas eléctricos adecuadamente, cada cierto tiempo.
- Indicar los mantenimientos de cada dispositivo del sistema, según un programa de mantenimiento estructurado, donde se tomen en cuenta el desgaste y utilización de cada parte del sistema.
- Manifestar anomalías que se puedan observar durante la utilización del sistema, para que de esta manera se puedan combatir las mismas en un momento temprano, y de esta forma no se permita que la anomalía se convierta en un problema mayor.
- Mientras el proceso se esté realizando, no se deben acercarse a ninguno de los tanques, esto como un método de seguridad, ya que la banda transportadora podría herirlo.
- Instalar pantalla HDMI para fácil acceso de parámetros como temporizadores, indicadores, etc.

7. CAPÍTULO 7. BIBLIGRAFÍA

- Anodizado.* (2016). Obtenido de <http://www.aluminiosmetalesunicornio.com.mx/Anodizado.pdf>
- Cano, J. (15 de Noviembre de 2013). *Control de Corrosión.* Obtenido de <http://reparosobreaviacion.blogspot.com/2013/11/control-de-corrosion-general-este.html>
- EcuRed. (17 de Junio de 2016). *Automatización.* Obtenido de <http://www.ecured.cu/Automatizaci%C3%B3n>
- Henkel. (2016). *Henkel Adhesives North America.* Obtenido de <http://hybris.cms.henkel.com/henkel/msdspdf?country=US&language=ES&matnr=598338>
- Javier. (26 de Noviembre de 2008). *Tratamiento para tubo de Aluminio?* Obtenido de <http://www.kayakdemar.org/index.php?topic=5259.0;nowap>
- Jorge Ortega. (2016). *que un Empresa.! - ACI-Américas.* Obtenido de <http://www.aciamericas.coop/IMG/pdf/JorgeOrtega.pdf>
- Palacios, R. M. (2016). *Investigación Cualitativa y Cuantitativa.* Obtenido de <https://uvirtual.unet.edu.ve/mod/resource/view.php?id=43407>
- Pérez, A. G. (2006). *Instalación de una PLanta Moderna de Anodizado para Perfiles de Aluminio.* Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/550/1/Garcia_pa.pdf
- Prezi. (2016). *COOPESA R.L by on Prezi.* Obtenido de <https://prezi.com/hzysqzbvh9ga/coopesa-rl/>
- PROMINOX. (s.f.). *PROMINOX.* Obtenido de <http://www.prominox.com.mx/anodizado-aluminio.php>
- Technics, S. (2016). *CPCP Program / SR Technics Group.* Obtenido de <http://www.srtechnics.com/cms/index.asp?TopicID=422>

8. CAPÍTULO 8. ANEXOS

Manual paso a paso de utilización del sistema

- 1) Encender el PLC.
- 2) Antes de utilizar la máquina, revise que los sensores de proximidad estén funcionando de la mejor manera. Esto se puede realizar llevando manualmente por medio de los pulsadores la banda transportadora por cada sensor y observar que el LED que va conectado a la salida Y7 del PLC, se encienda.
- 3) Cerciorarse de que el botón de “paro de emergencia” no esté accionado, esto se puede realizar observando si el LED que está conectado a la salida Y10 del PLC, está encendido, ya que es el que indica que el paro de emergencia ha sido accionado. De igual forma cerciorarse yendo a cada zona donde se encuentran los botones de paro de emergencia, y verificar manualmente que no estén accionados.
- 4) Para montar la lámina de aluminio en la banda transportadora, baje la banda a una altura adecuada para montarla sin ningún esfuerzo extra, no intente montar la lámina, subiéndose a una escalera o algún otro objeto.
- 5) Después de montar la lámina en la banda transportadora, elevar la banda a la altura donde el sensor de proximidad de inicio/final logre censar la banda, no ejecute el proceso si este no está censando.
- 6) Encienda el sistema de temperatura y eleve la temperatura a 54°C.

- 7) Encienda el sistema que aplica la corriente al proceso, ponga la corriente en 3A y el voltaje en 0V.
- 8) Verifique que no haya nadie cerca del sistema, antes de iniciar el proceso.
- 9) Oprima el botón de “inicio”, el proceso se completará en una hora y 30 minutos.



Ilustración 21: Anodizado

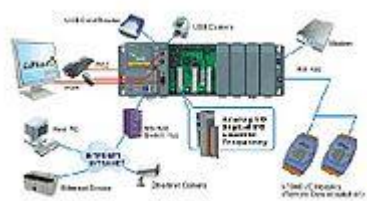


Ilustración 22: Red de Comunicación Industrial.

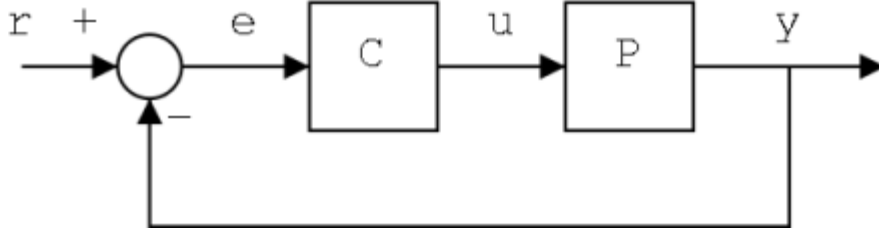


Ilustración 23: El sistema en la figura es un sistema de bloques sencillo de una sola entrada y una sola salida