



SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

SEP
SUBSECRETARÍA DE
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

**DISEÑO DE ESCANER DE ULTRASONIDO INDUSTRIAL PARA INSPECCION DE
TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

**INFORME TECNICO DE RESIDENCIA PROFESIONAL
INGENIERIA MECANICA**

Presenta:

ALDO JONATHAN HIDALGO GRAJALES

Asesor interno:

M.C. IGNACIO ARRIOJA CÁRDENAS

Asesor externo:

ING. PEDRO RAMÓN ESPINA GUZMÁN

"2014, Año de Octavio Paz"

DIRECCIÓN
SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 11 de junio del 2014

OFICIO NUM. DEP-CT-163-2014

C. ALDO JONATHAN HIDALGO GRAJALES
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
EGRESADO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ.
P R E S E N T E.

Habiendo recibido la comunicación de su trabajo profesional por parte de los CC. M.C. IGNACIO ARRIJOJA CARDENAS, DR. ROBERTO CARLOS GARCÍA GÓMEZ e ING. SAMUEL GÓMEZ PEÑATE En el sentido que se encuentra satisfactorio el contenido del mismo como prueba escrita, **AUTORIZO** a Usted a que se proceda a la impresión del mencionado Trabajo denominado:

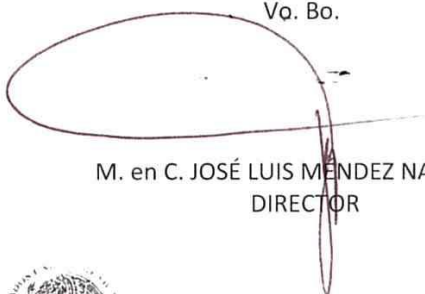
"DISEÑO DE ESCÁNER DE ULTRASONIDO INDUSTRIAL PARA INSPECCIÓN DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO."

Registrado mediante la opción:
X (MEMORIA DE RESIDENCIA PROFESIONAL)

ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TECNOLOGÍA CON SENTIDO HUMANO"

ING. JUAN JOSÉ ARREOLA ORDAZ
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE LA DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

C.c.p.- Departamento de Servicios Escolares
C.c.p.- Expediente
I'JLMN/I'JJAO/I'eeam

Vq. Bo.

M. en C. JOSÉ LUIS MÉNDEZ NAVARRO
DIRECTOR



Secretaría de Educ. Pública
Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez,
Div. de Est. Profesionales



Carretera Panamericana Km. 1080, C.P. 29050, Apartado Postal 599
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tels. (961) 61 54285, 61 50461
www.ittg.edu.mx



INDICE DE CONTENIDO

	Página
Índice de ilustraciones.....	3
Índice de tablas.....	4
Capítulo 1- Introducción.....	5
• Justificación.....	5
• Objetivos.....	8
Capítulo 2- Marco teórico.....	9
• Datos generales de la empresa.....	9
• Caracterización del área.....	11
• Antecedentes del proyecto.....	11
• Problemas a resolver.....	24
• Alcances y limitaciones.....	26
Capítulo 3- Metodología.....	27
• Creación del programa en LabView.....	27
• Elaboración del diseño.....	29
• Análisis de esfuerzo en el diseño.....	52
• Programación en CoDeSys.....	56
• Presupuestos y cotizaciones.....	64
Capítulo 4- Resultados y análisis de datos.....	68
Capítulo 5- Conclusiones, recomendaciones y competencias aplicadas.....	70
• Conclusiones y recomendaciones.....	70
• Competencias aplicadas y/o desarrolladas.....	71
• Referencias bibliográficas y virtuales.....	72
• Anexos.....	73

INDICE DE ILUSTRACIONES

	Página
Figura 1. Tanque de almacenamiento de gasolina de Pemex.....	5
Figura 2. Corrosión en la pared externa de un tanque de almacenamiento.....	6
Figura 3. Placas unidas mediante soldadura.....	7
Figura 4. Logo de la empresa CIDESI.....	9
Figura 5. Organigrama de la empresa.....	10
Figura 6. Transductores ultrasónicos usados en la industria.....	12
Figura 7. Acoplante tipo gel.....	13
Figura 8. Transmisión de vibraciones ultrasónicas sobre un material.....	14
Figura 9. Presentación de señales ultrasónicas en formato A-Scan.....	15
Figura 10. Presentación de señales ultrasónicas en formato B-Scan.....	15
Figura 11. Presentación de señales ultrasónicas en formato C-Scan.....	16
Figura 12. Generador de señales ultrasónicas.....	17
Figura 13. Programa LabView.....	18
Figura 14. Entorno de programación CoDeSys.....	20
Figura 15. Entorno computacional de diseño Solidworks.....	22
Figura 16. Tarjeta de adquisición de datos.....	23
Figura 17. Dispositivo para medir espesores en tanques de almacenamiento.....	25
Figura 18. Programa diseñado para mostrar las señales ultrasónicas.....	28
Figura 19. Comunicación entre el programa y el controlador lógico programable mediante una tarjeta de adquisición de datos.....	28
Figura 20. Trayecto que debe tomar el transductor para obtener la visualización C-Scan.....	29
Figura 21. Rueda magnética.....	30
Figura 22. Forma idealizada del escáner de ultrasonido industrial.....	30
Figura 23. Actuador lineal de banda dentada marca FESTO.....	31
Figura 24. Servomotor marca FESTO.....	31
Figura 25. Fenómeno magnético que tiene una rueda.....	32
Figura 26. Engranajes para las ruedas con dimensiones comerciales.....	33
Figura 27. Rodamientos para los ejes con dimensiones comerciales.....	33
Figura 28. Servomotor previsto para el movimiento de las ruedas.....	34
Figura 29. Sistema de engranajes para la transmisión de potencia al servomotor.....	35
Figura 30. Eje de transmisión acoplado al sistema de engranajes.....	35
Figura 31. Cubierta del sistema de engranajes.....	36
Figura 32. Servomotor, sistema de engranajes y el eje de transmisión unidos mediante la cubierta.....	37
Figura 33. Cubierta complementaria para el sistema de engranajes del Servomotor.....	37
Figura 34. Soporte lateral de las ruedas y del actuador lineal.....	37
Figura 35. Posición de los soportes laterales.....	38
Figura 36. Perno de acero de 1.5 cm de diámetro.....	38
Figura 37. Orificio para el perno que une la estructura principal con el Sistema de engranajes.....	39
Figura 38. Unión del soporte lateral con la carcasa del sistema de engranajes De las ruedas, alineados horizontalmente.....	39
Figura 39. Abertura del sistema de engranajes de las ruedas.....	40
Figura 40. Vista superior del soporte lateral.....	40
Figura 41. Junta universal.....	41
Figura 42. Base para el actuador lineal dentro del soporte lateral.....	41

Figura 43. Colocación del actuador lineal en la base del soporte.....	42
Figura 44. Sistema de engranes para la transmisión de movimiento hacia las ruedas.....	43
Figura 45. Ejes diseñados para el sistema de engranajes de las ruedas.....	44
Figura 46. Cortes circulares en el interior de la carcasa del sistema de Engranajes.....	44
Figura 47. Carcasa del sistema de engranajes.....	44
Figura 48. Tapa que protege el engranaje de las ruedas.....	45
Figura 49. Ensamble del sistema de engranajes.....	45
Figura 50. Ensamble de las ruedas con el sistema de engranajes.....	46
Figura 51. Estructura delantera del escáner.....	46
Figura 52. Posición de la pieza frontal en el escáner.....	47
Figura 53. Soporte para el transductor.....	47
Figura 54. Articulación del soporte para el transductor.....	48
Figura 55. Base del soporte para el transductor.....	48
Figura 56. Carcasa que protege al servomotor y el eje de transmisión.....	49
Figura 57. Conector insertado en el diseño de la carcasa.....	49
Figura 58. Abertura rectangular para la salida de conexiones.....	50
Figura 59. Juego de eslabones que se utiliza para mantener en orden el Cableado.....	50
Figura 60. Diseño final del escáner de ultrasonido industrial.....	51
Figura 61. Análisis de esfuerzo en el eje de transmisión.....	53
Figura 62. Análisis de esfuerzos en la cubierta de engranajes del Servomotor.....	53
Figura 63. Desplazamiento de la cubierta al aplicarle una carga.....	54
Figura 64. Análisis de esfuerzos en el soporte lateral.....	54
Figura 65. Deflexión del soporte lateral del escáner.....	55
Figura 66. Programas realizados en CoDeSys.....	56
Figura 67. Trayecto del escáner de ultrasonido al activar el barrido 1.....	57
Figura 68. Posición del escáner de ultrasonido industrial en relación al tanque De almacenamiento.....	57
Figura 69. Trayecto del escáner de ultrasonido al activar el barrido 2.....	58
Figura 70. Estructura del programa principal.....	58
Figura 71. Estructura del programa principal.....	59
Figura 72. Estructura del programa principal.....	60
Figura 73. Cotización de piezas marca FESTO.....	65
Figura 74. Cotización de piezas marca FESTO.....	67
Figura 75. Cotización solicitada al área de maquinados del CIDESI.....	66
Figura 76. Generador de señales ultrasónicas.....	69
Figura 77. Tarjeta de adquisición de datos.....	69
Figura 78. Escáner de ultrasonido industrial para tanques de almacenamiento.....	70

INDICE DE TABLAS

Página

Tabla 1. Efecto piezoeléctrico usado en los sistemas ultrasónicos.....	14
Tabla 2. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys.....	62
Tabla 3. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys.....	63
Tabla 4. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys.....	64
Tabla 5. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys.....	65
Tabla 6. Presupuesto para el funcionamiento del programa en LabView.....	65
Tabla 7. Presupuesto estimado para rodamientos y engranes.....	68

INTRODUCCIÓN

En el presente informe se dará a conocer los puntos necesarios para la realización del proyecto de residencia denominado “diseño de escáner de ultrasonido industrial para inspección de tanques de almacenamiento”, el porqué del proyecto, que objetivos debe alcanzar, así como los medios para lograrlo.

Se definirán algunos términos necesarios para comprender el proceso del diseño, por ejemplo, que es el ultrasonido y para qué sirve, así como también el programa empleado para la construcción del diseño.

Se mostrará todo el proceso del diseño, y una pequeña parte de la programación de sistemas electromecánicos para poner en marcha el dispositivo.

Por último se presentará el presupuesto estimado para fabricar el prototipo, los resultados y la conclusión del proyecto de residencia.

JUSTIFICACIÓN

Los tanques de almacenamiento son estructuras de grandes dimensiones conformadas por placas metálicas unidas mediante una soldadura y son empleadas en las industrias de los gases, del petróleo y de sustancias químicas. En la figura 1 se muestra un tanque de almacenamiento de gasolina ubicada en una terminal de almacenaje y reparto de Pemex.



Figura 1. Tanque de almacenamiento de gasolina de Pemex

Por su operación o servicio que ofrece un tanque de almacenamiento, se monitorea periódicamente su condición, ya que la principal causa del deterioro en la estructura es la corrosión por agentes medioambientales en la pared externa (figura 2), por sustancias corrosivas y desgaste por accesorios en la pared interna.



Figura 2. Corrosión en la pared externa de un tanque de almacenamiento

Es por eso que existen empresas que ofrecen servicios END (ensayos no destructivos) para conocer la integridad de estructuras metálicas, tales como tanques, tuberías, recipientes a presión, placas metálicas, así como de materiales compuestos (estructurales o reforzados con fibras).

Los métodos empleados en las pruebas no destructivas son: el ultrasonido industrial, empleo de partículas magnéticas, prueba de hermeticidad, medición de espesores, rayos x y líquidos penetrantes.

La medición de espesores mediante ultrasonido es el método más utilizado para conocer el estado de un tanque de almacenamiento. Conociendo el valor nominal de la placa (espesor dado por el fabricante) y determinando el espesor actual de la misma, se puede determinar:

- La velocidad de desgaste del metal
- Programación del mantenimiento preventivo
- La vida útil del tanque de almacenamiento
- Posible retiro del tanque de almacenamiento

El método de inspección mencionado anteriormente solo se realiza en zonas críticas del tanque, donde se intersectan las líneas de soldadura que une a las placas (figura 3) y en zonas con algún problema superficial visible, por lo cual no se puede determinar con exactitud la magnitud de una posible falla o daño en una región del tanque.

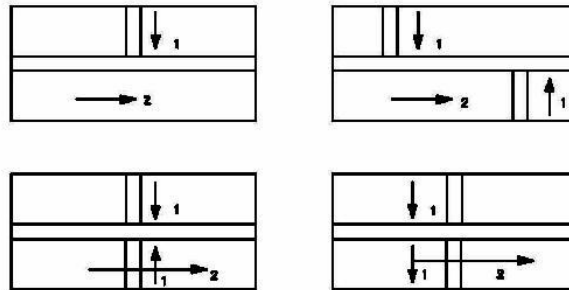


Figura 3. Placas unidas mediante soldadura, los números indican el proceso de soldadura.

El escáner de ultrasonido industrial que se quiere desarrollar va complementar la inspección, ya que se hace un análisis en la superficie del tanque para conocer su condición, tomando en cuenta que previamente se realizó algún método de inspección que haya determinado una irregularidad en esa zona (grieta, corrosión, filtración) o se determinó un desgaste anormal en una región del tanque.

Dicho dispositivo creará un mapa de la placa revelando las diferencias de espesores que puede tener, y determinando así, el daño que tiene el tanque de almacenamiento.

Sería muy favorable desarrollar el escáner de ultrasonido industrial, ya que en México no existe este tipo de dispositivos y mucho menos obtener datos de forma gráfica al inspeccionar un tanque, haciendo a la empresa en el que se desarrollará el escáner, la primera en ofrecer este servicio.

Además este proyecto puede marcar una diferencia en cuanto a los estándares de las inspecciones, ya que se mejorará de forma considerable la calidad de los resultados.

La inspección que se ejecutará será de forma autónoma, obteniendo resultados precisos y confiables, en un tiempo que no afecte el programa de mantenimiento del tanque.

En la actualidad existen una gran variedad de componentes electromecánicos y electrónicos, así como programas que facilitan el desarrollo de nuevos dispositivos sin elevar demasiado el costo.

En cierto tiempo se puede comercializar la patente del diseño para otras empresas que necesiten este tipo de inspección.

Al final el beneficio obtenido al desarrollar el escáner de ultrasonido industrial es tanto para la empresa que realiza la inspección como la que solicita dicho servicio.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un escáner de ultrasonido industrial capaz de realizar las inspecciones a tanques de almacenamiento de forma automatizada y que arroje de forma gráfica los resultados.

Objetivos específicos

- Diseñar un programa que registre y se visualice los resultados de la inspección mediante el entorno gráfico de LabView.
- Programar mediante CoDeSys el procedimiento de inspección que realizará el escáner de ultrasonido.
- Diseñar el escáner de ultrasonido mediante herramientas de software de acuerdo a condiciones dadas.
- Analizar esfuerzos y flexiones mediante el programa Solidworks
- Presupuestar los elementos necesarios para la fabricación del prototipo.

MARCO TEÓRICO

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

El Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial (CIDESI), es una institución de clase mundial, autosuficiente con amplia cobertura nacional e internacional que cuenta con personal altamente capacitado, comprometido, con vocación de servicio al cliente ofreciendo productos y servicios de alto impacto.

Dentro del centro se encuentran diversas direcciones como lo son:

- Metrología
- Tecnología de materiales
- Tecnologías para el sector aeronáutico

El CIDESI contribuye al desarrollo del sector productivo del país, a través de proyectos de Investigación e Innovación, así como servicios tecnológicos especializados de alto nivel, en sus sedes ubicadas en los Estados de Querétaro, Nuevo León, dentro del Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, en el Estado de México y en Tijuana dentro del Consorcio Tecnológico de Baja California.



Figura 4. Logo de la empresa

En la siguiente figura se muestra el organigrama de la empresa.

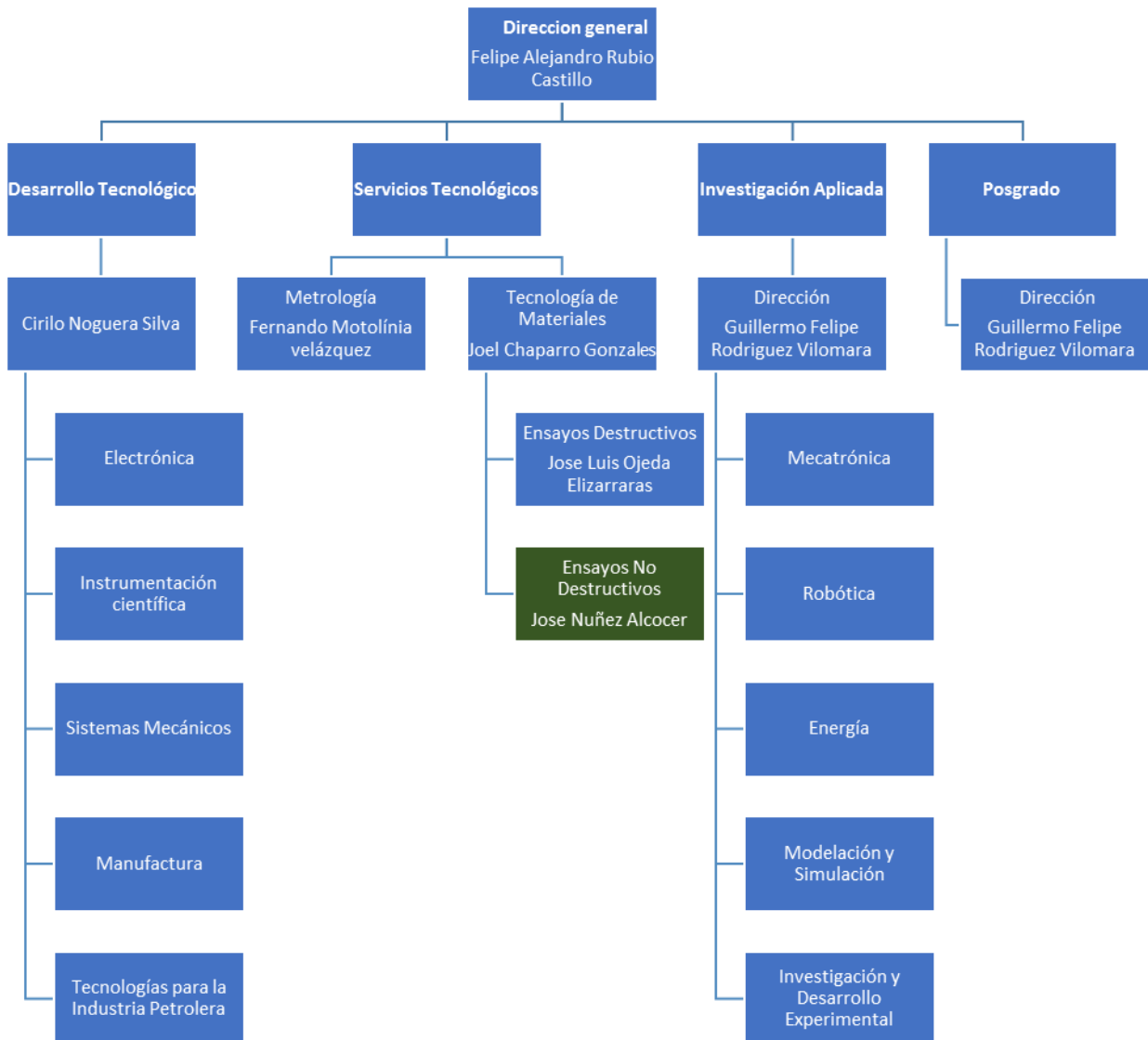


Figura 5. Organigrama de la empresa, se indica el área de Ensayos No Destructivos en donde se desarrolla el proyecto.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA

La gerencia de inspección no destructiva brinda análisis confiables y oportunos de materiales, realizando desde pruebas básicas, hasta diagnósticos de falla de partes críticas, abarcando los siguientes sectores: tanques de almacenamiento de combustibles líquidos y gaseosos, tuberías, ductos y válvulas, recipientes sujetos a presión como calderas, intercambiadores de calor, reactores, auto tanques, esferas, estructuras soldadas, partes críticas de aviones, entre otras, de acuerdo a la normatividad aplicable, aplicando las técnicas de:

- Radiografía
- Ultrasonido
- Líquidos penetrantes
- Partículas magnéticas
- Emisión acústica
- Termografía infrarroja
- Electromagnetismo o corrientes Eddy
- Pruebas hidrostáticas y neumáticas
- Inspección visual
- Análisis de integridad mecánica de recipientes sujetos a presión

ANTECEDENTES DEL PROYECTO

Ultrasonido

El ultrasonido son vibraciones mecánicas que se transmiten en el material, por medio de ondas de la misma naturaleza que el sonido, pero con una frecuencia mayor a los 20 000 ciclos/segundo (Hz), fuera del rango audible al oído humano. Se transmite por medio de un palpador ultrasónico, la interacción de la energía

con el material puede indicar la velocidad de medición, la densidad del material, su espesor o bien la presencia de discontinuidades.

Equipo necesario

Existen variedades de equipos de diferentes marcas, modelos, tamaños, formas, la forma de presentar los resultados, etc. La selección del tipo de equipo se hará de acuerdo a la necesidad que se tenga, y al sistema de transmisión apropiado, sin embargo el sistema tipo "Pulso-eco" es el más utilizado en la actualidad.

Transductor. Es una de las unidades básicas en la inspección por ultrasonido y se considera como parte del mismo, mediante éste la energía mecánica se convierte en eléctrica y viceversa. Las unidades de rastreo con transductores piezoeléctricos están disponibles en muchos tipos y formas (figura 6).



Figura 6. Transductores ultrasónicos usados en la industria.

Conector. Uno de los accesorios del sistema de ultrasonido es el cable coaxial, el cual cumple la función de unir al instrumento de medición con el palpador o transductor. Los más comunes son: Microdot, BNC, UHF, Lemo, Tuchel.

Acoplante. Para detectar una inspección por contacto satisfactoria con palpadores piezoeléctricos es necesario eliminar el aire que se encuentra entre el palpador y la pieza de ensayo mediante el uso de un acoplante. Los acoplantes más comunes son el agua, aceites, glicerina, grasas de petróleo, grasa de silicón, pasta de tapiz y varias sustancias comerciales tipo pasta (figura 7).



Figura 7. Acoplante tipo gel

Generación de ultrasonido

Hay muchas formas de generar ultrasonido dentro de los cuales destacan la electrostricción, magneto estricción y el efecto piezoeléctrico. La generación y detección de ondas ultrasónicas para inspección se logra por medio de un elemento transductor que actúa a través de un acoplante, el elemento transductor esta contenido dentro de un dispositivo conocido como unidad de rastreo. Los elementos piezoeléctricos son los más usados en los transductores para inspección ultrasónica.

Efecto piezoeléctrico. Es electricidad inducida mediante presión, esta propiedad es característica de algunos compuestos cristalinos naturales y algunos materiales hechos por el hombre. Se desarrolla una carga eléctrica por el cristal cuando se le aplica una presión, inversamente cuando se le aplica un campo eléctrico el cristal se deforma, los cristales piezoeléctricos muestran varios modos de deformación, la expansión del espesor es el modo más usado en la inspección ultrasónica (cuadro 1). Los materiales más usados en las unidades de rastreo son el cuarzo, sulfato de litio, cerámicas polarizadas como el titanio de bario, titanio de plomo, zirconato y metanobato de plomo.





TIPO	CAUSA	ESQUEMA	EFEECTO
Efecto piezoelectrico directo	Cristal sujeto a presion		Corriente electrica positiva
	cristal sujeto a tension		Corriente eletricanegativa
Efecto piezoelectrico indirecto	Corriente electrica positiva aplicada a la superficie del cristal		Dilatacion del cristal
	Corriente electrica negativa aplicada a la superficie del cristal		Contraccion del cristal

Tabla 1. Efecto piezoeléctrico usado en los sistemas ultrasónicos.

Sistema básico de transmisión pulso-eco

Consiste en hacer incidir impulsos cortos de vibraciones ultrasónicas sobre un cuerpo, de tal forma que la energía reflejada en las discontinuidades o en la pared posterior proporcionen una buena base para poder valorar el tiempo transcurrido en ida y vuelta del impulso, y permita así determinar la distancia a la cual se encuentran las discontinuidades desde la superficie o pared posterior (figura 8).

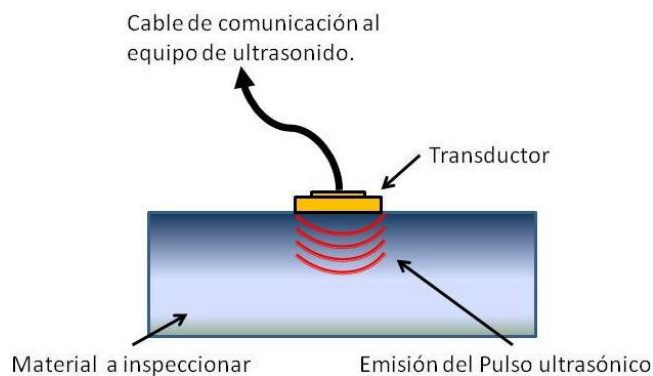


Figura 8. Transmisión de vibraciones ultrasónicas sobre un material

Presentación de señales

La presentación de las señales depende del tipo de ultrasonido usado, y en la actualidad existen tres tipos de presentaciones estandarizadas.

Señal A-Scan. Imagen básica representada en la pantalla del equipo de ultrasonido, consta de pulsos los cuales indican las características de la pieza, basados en un sistema de amplitud con respecto al tiempo (figura 9).



Figura 9. Presentación de señales ultrasónicas en formato A-Scan.

Señal B-Scan. La representación de este tipo de señal se basa en un enfoque lateral a fin de lograr una representación más real de las fallas en el material (figura 10).

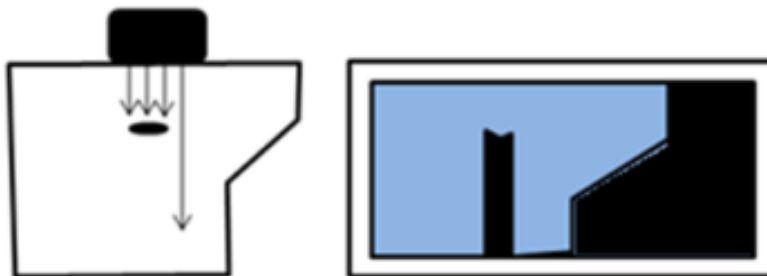


Figura 10. Presentación de señales ultrasónicas en formato B-Scan.

Señal C-Scan. La señal es representada semejando una vista aérea del material en la cual hace resaltar con tonalidades contrastantes, las discontinuidades o fallas que existen en la pieza.

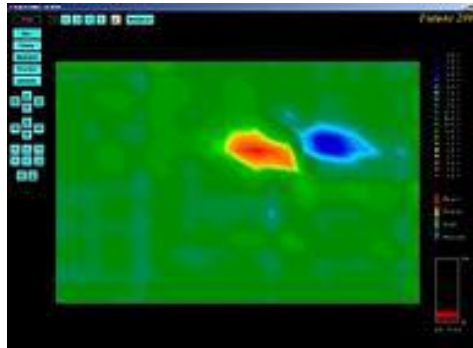


Figura 11. Presentación de señales ultrasónicas en formato C-Scan.

La inspección ultrasónica de metales se utiliza principalmente para la detección de discontinuidades. Este método puede utilizarse para detectar fallas internas en la mayoría de los metales y aleaciones de ingeniería. También pueden inspeccionarse uniones producidas por soldaduras y uniones adhesivas. Se han desarrollado técnicas en línea para monitorear y clasificar materiales como aceptables o rescatables para el control de procesos, utilizada también para el control de calidad e inspección de materiales en industrias grandes, esto incluye manufactura de componentes eléctricos y electrónicos, producción de materiales metálicos y compuestos, fabricación de estructuras como tuberías y recipientes a presión, naves, puentes, vehículos de motor, maquinaria, motores de jet.

En la actualidad existen varias marcas que proporcionan estos dispositivos, además de sistemas de generación de señales ultrasónicas que pueden conectarse mediante un puerto USB una computadora portátil (figura 12).



Figura 12. Generador de señales ultrasónicas

La inspección ultrasónica en servicio para mantenimiento preventivo se utiliza para detectar las fallas inminentes. Algunos de los equipos o elementos de maquinaria que se inspeccionan por ultrasonido para detectar discontinuidades son:

- Componentes giratorios: Rodillos, flechas, transmisiones y columnas de presión.
- Equipo de potencia: Forjas de turbinas, rotores de generador, tubería de presión, soldadura, recipientes a presión, elementos para combustibles nucleares y otros componentes de reactores.
- Partes de motores a chorro: Forjas de turbinas y compresores y bancos de engranes.
- Componentes de aviones: ensambles.
- Materiales de maquinaria. Bloques fundidos, aceros de herramientas y tubería.
- Partes de locomotora: Ejes, ruedas, vías y soldaduras en éstas.
- Partes automotrices: Forjas, fundiciones dúctiles y componentes soldados.

Las discontinuidades a ser detectadas incluyen poros, inclusiones, laminaciones, sopladuras, huecos, etc. Pueden venir incluidas en el material suministrado, resultar de la fabricación y tratamiento térmico, o pueden ocurrir en el servicio por fatiga, impacto, abrasión, corrosión u otras causas. Son utilizadas también para medir espesores de secciones de metal, realizados para procesos químicos y refinerías, placas, fundiciones, secciones de aeronaves, recipientes a presión y cubiertas submarinas. Los métodos de inspección por medio de ultrasonido son particularmente apropiados para el conocimiento de pérdida de espesor por corrosión dentro de sistemas cerrados, tales como equipos de procesamiento químico tanques de almacenamiento y recipientes a presión. Dichas mediciones pueden hacerse sin parar el proceso. Se han empleado métodos de ultrasonido para diversos problemas, como el grado de crecimiento de fisuras por fatiga, detección de excentricidades de poros, medición del módulo elástico, estudio de juntas a presión, determinación de la modularidad en el hierro fundido e investigación metalúrgica en fenómenos tales como cristalización, endurecimiento y conteo de inclusiones en varios metales.

Software LabView

LabView es un revolucionario ambiente de desarrollo gráfico con funciones integradas para realizar adquisición de datos, control de instrumentos, análisis de mediciones y presentaciones de datos. LabView le da la flexibilidad de un poderoso ambiente de programación sin la complejidad de los ambientes tradicionales (figura 13).



Figura 13. Programa LabView

A diferencia de los lenguajes de propósito general, LabView provee funcionalidad específica para que pueda acelerar el desarrollo de aplicaciones de medición, control y automatización, recomendado para sistemas hardware y software de pruebas, control y diseño, simulado o real y embebido, pues acelera la productividad. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Los programas desarrollados con LabView se llaman Instrumentos Virtuales, o VIs, y su origen provenía del control de instrumentos, aunque hoy en día se ha expandido ampliamente no sólo al control de todo tipo de electrónica (Instrumentación electrónica) sino también a su programación embebida, comunicaciones, matemáticas, etc. Un lema tradicional de LabView es: "La potencia está en el Software", que con la aparición de los sistemas multinúcleo se ha hecho aún más potente. Entre sus objetivos están el reducir el tiempo de desarrollo de aplicaciones de todo tipo (no sólo en ámbitos de Pruebas, Control y Diseño) y el permitir la entrada a la informática a profesionales de cualquier otro campo. LabView consigue combinarse con todo tipo de software y hardware, tanto del propio fabricante -tarjetas de adquisición de datos, PAC, Visión, instrumentos y otro Hardware- como de otros fabricantes.

Su principal característica es la facilidad de uso, válido para programadores profesionales como para personas con pocos conocimientos en programación pueden hacer programas relativamente complejos, imposibles para ellos de hacer con lenguajes tradicionales. También es muy rápido hacer programas con LabView y cualquier programador, por experimentado que sea, puede beneficiarse de él. Con LabView pueden crearse programas de miles de VIs (equivalente a millones de páginas de código texto) para aplicaciones complejas, programas de automatizaciones de decenas de miles de puntos de entradas/salidas, proyectos para combinar nuevos VIs con VIs ya creados, etc.

Presenta facilidades para el manejo de:

- Interfaces de comunicaciones: (Puerto serie, Puerto paralelo, GPIB, PXI, TCP/IP, Bluetooth, USB)
- Capacidad para interactuar con otros lenguajes y aplicaciones como librerías de funciones: (.NET, Multisim, Matlab, AutoCad)
- Herramientas gráficas y textuales para el procesado digital de señales.
- Adquisición y tratamiento de imágenes.
- Visualización y manejo de gráficas con datos dinámicos.
- Control de movimiento.
- Tiempo Real.
- Sincronización entre dispositivos.

Software CoDeSys

El término CoDeSys es un acrónimo y significa Sistema de Desarrollo de Controladores, es un software de programación industrial desarrollado por la empresa Alemana 3S. Este software tiene como objetivo crear un entorno de programación para controladores lógicos programables más utilizados. 3S creó una alianza con distintos fabricantes y todos ellos, tiene la preocupación única, de desarrollar un hardware compatible con CoDeSys, es decir, se ahorran el tener que desarrollar un costoso software para sus autómatas (figura 14).

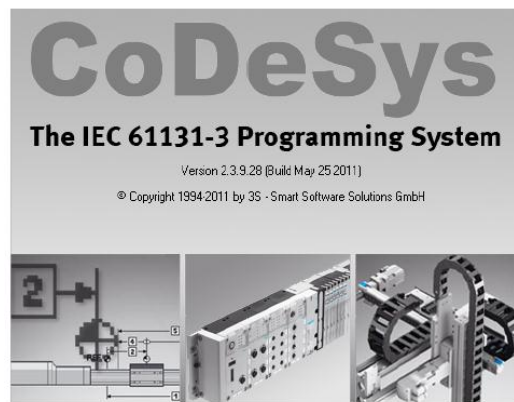


Figura 14. Entorno de programación CoDeSys

Un controlador lógico programable, más conocido por sus siglas en inglés PLC (Programmable Logic Controller), es una computadora utilizada en la ingeniería automática o automatización industrial, para automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Los seis lenguajes de programación para aplicaciones disponibles en el entorno de desarrollo CoDeSys son:

- Lenguajes de texto
- IL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación parecido al lenguaje ensamblador.
- ST (texto estructurado) es similar a la programación en PASCAL o C
- Lenguajes Gráficos
- LD (Diagrama Ladder) permite al programador combinar los contactos de relé y las bobinas. Es el lenguaje de Programación de PLC por excelencia.
- FBD (diagrama de bloques de función) permite al usuario programar rápidamente, tanto expresiones como en lógica booleana.
- SFC (Bloques de función secuenciales) es conveniente para los procesos de programación secuencial.

Dispone también de un editor gráfico que no está definido en la norma IEC:

- CFC (Continuos Function Chart) es una especie de editor de FBD libre. Es un editor orientado a FBD donde las conexiones entre las entradas, salidas y los operadores se fijan automáticamente. Todas las cajas se pueden colocar libremente, lo que permite programar ciclos de retroalimentación provisional sin variables.

Software Solidworks

Es un programa de diseño asistido por computadora para modelado mecánico desarrollado en la actualidad por Solidworks Corp. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada (figura 15).



Figura 15. Entorno computacional de diseño Solidworks.

Las principales características que hace de Solidworks en una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, paramétrico y con variaciones de forma bidireccional en todas sus aplicaciones. Además utiliza un gestor de diseño que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados. Junto con las herramientas de diseño de Pieza , Ensamblajes y Dibujo , Solidworks incluye Herramientas de Productividad , de Gestión de Proyectos , de Presentación y de Análisis y Simulación que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

Es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida, precisa y fiable. Se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos. Contiene tres módulos: Pieza, Ensamblaje y Dibujo. La creación de un documento en cada uno de ellos genera un fichero con distinta extensión. Los documentos, aunque no pueda observarse, están asociados y vinculados entre ellos.

Tarjeta de adquisición de datos.

La adquisición de datos o adquisición de señales, consiste en la toma de muestras del mundo real (sistema analógico) para generar datos que puedan ser manipulados por un ordenador u otras electrónicas (sistema digital). Consiste, en tomar un conjunto de señales físicas, convertirlas en tensiones eléctricas y digitalizarlas de manera que se puedan procesar en una computadora o PAC. Se requiere una etapa de acondicionamiento, que adecua la señal a niveles compatibles con el elemento que hace la transformación a señal digital. El elemento que hace dicha transformación es el módulo de digitalización o tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) mostrado en la siguiente figura.



Figura 16. Tarjeta de adquisición de datos

DAQ hardware son por lo general, las interfaces entre la señal y una PC. Podría ser en forma de módulos que pueden ser conectados a la computadora de los puertos (paralelo, serie, USB, etc...) o ranuras de las tarjetas conectadas a (PCI, ISA) la placa madre. Las tarjetas DAQ a menudo contienen múltiples componentes como multiplexores, ADC, DAC, TTL-IO, temporizadores de alta velocidad, y memoria RAM.

PROBLEMAS A RESOLVER

Se debe crear un programa que registre los datos obtenidos por el transductor y procesarlos de tal forma que muestre al usuario los resultados en formato C-Scan, utilizando una barra de colores que indique el porcentaje del espesor de la zona, tomando como referencia el valor nominal de la placa.

Emplear un software para programar y automatizar el proceso de escaneo, el cual emplee una variedad de lenguajes de programación y a su vez, pueda mantener una interfaz de comunicación a otros programas que recaben datos del dispositivo. Se requieren componentes electromecánicos para el prototipo, por lo que se investigará alguna compañía que proporcione dichas piezas, priorizando precisión, calidad y precio.

Para poder desarrollar el escáner se debe de tomar en cuenta condiciones que limitan el diseño del mismo, tales como:

- Recorrido del transductor (500 mm)
- Diámetro de las ruedas (150 mm)
- Componente electromecánicos prefabricados
- Componentes mecánicos prefabricados
- Peso máximo de 20 Kg.

El barrido o trayectoria que hará el transductor será continuo, es por eso que siempre debe estar adherido a la superficie metálica y moverse linealmente para registrar datos de la zona. El recorrido del transductor será de 500 mm y este valor se obtuvo al promediar las longitudes de varias placas metálicas de tanques de almacenamiento inspeccionados por la empresa CIDESI.

Para el desplazamiento del escáner se usarán ruedas magnéticas, un sistema visto en dispositivos electrónicos controlados manualmente para la medición de espesores. En el área de ensayos no destructivos se encuentran algunos dispositivos mencionados fuera de operación los cuales proporcionarán las ruedas para el escáner (figura 17). Estos dispositivos pesan 25 kg.



Figura 17. Dispositivo para medir espesores en tanques de almacenamiento, fuera de operación.

Las dimensiones que debe tener el escáner de ultrasonido están restringidas por el tamaño de los componentes mecánicos y electromecánicos que se usarán, ya que dichas piezas se van a adquirir con un fabricante especializado; se planea utilizar el aluminio como material principal de la estructura.

El peso del escáner no debe ser mayor a 25 Kg esto se debe a la fuerza de adherencia de las ruedas magnéticas, con esto se asegura el contacto entre las ruedas y la superficie.

Se debe de simular los esfuerzos que debe soportar los componentes críticos del escáner, para garantizar que el diseño de la estructura es la adecuada para el propósito del dispositivo.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Con el escáner de ultrasonido industrial se trata de alcanzar un nuevo estándar en el área de ensayos no destructivos, mejorando la calidad de la inspección en tanques de almacenamiento, y hasta en cierto punto se pueden crear otros dispositivos para ser empleados en la inspección de recipientes a presión y tuberías. Como los resultados de la inspección del escáner se presentarán de forma gráfica, cualquier operador con poca experiencia en la inspección puede comprenderlo. Además, se reduciría el riesgo laboral al realizar una inspección mediante dispositivos automatizados. Por otra parte si el escáner de ultrasonido industrial se consolida como equipo necesario en la inspección no destructiva en tanques de almacenamiento, se puede fabricar para su venta.

Las limitantes que puede tener el proyecto es el costo, ya que la mayoría de los componentes son diseñados para el funcionamiento del dispositivo y se tienen que maquinar. El tiempo de fabricación es otro factor, porque se tiene que aprobar los recursos necesarios para la elaboración del escáner, y eso lleva cierto tiempo.

METODOLOGÍA

Para la realización del proyecto, se estimó un tiempo de 6 meses para la creación y fabricación del prototipo (figura), tomando en cuenta que los sistemas de control y la programación estaban listos.

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Recabar información	■	■	■													
Diseño de prototipos (software)				■	■	■										
Análisis de esfuerzos del prototipo seleccionado							■	■								
Selección de material y fabricación de piezas									■	■	■	■				
Ensamble del prototipo													■	■		
Ajustes al prototipo															■	■

Cuadro 2. Cronograma de actividades estimado.

CREACION DEL PROGRAMA EN LABVIEW

En la primera etapa del proyecto se inició con la creación del programa que procesa los datos obtenidos por el generador de señales ultrasónicas (figura) y muestra el resultado de forma gráfica en la pantalla de la computadora. Los datos que se deben de ingresar en el programa son el espesor nominal de la placa y la frecuencia del transductor. El software fue diseñado en colaboración de un estudiante de la especialidad en mecatrónica.

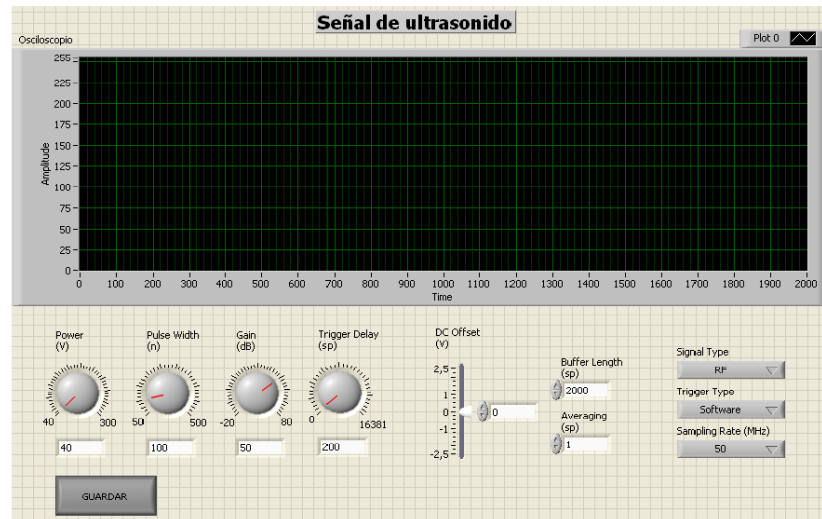


Figura 18. Programa diseñado para mostrar los ecos ultrasónicos

Este programa estará enlazado con un controlador lógico programable, mediante una interfaz creada por una tarjeta de adquisición de datos. Este dispositivo envía o recibe señales en forma de pulsos hacia el programa o hacia el controlador (figura 19).



Figura 19. Comunicación entre el programa y el controlador lógico programable mediante una tarjeta de adquisición de datos.

ELABORACION DEL DISEÑO

En esta etapa del proyecto, la idealización es la parte fundamental para poder diseñar el prototipo, tomando en cuenta las características que pueden limitarlo, el propósito del mismo y la forma en que puede alcanzarlo.

En este caso, el escáner de ultrasonido debe recabar datos de forma continua en una región limitada, y la mejor forma de obtenerlo es mediante un desplazamiento bidimensional (cartesiano), abarcando toda el área a analizar (figura 20).

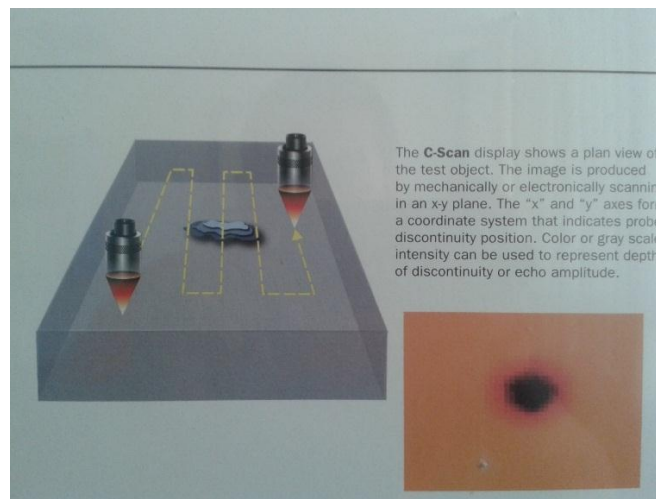


Figura 20. Trayecto que debe tomar el transductor para obtener la visualización en Scan-C.

Las ruedas del escáner serán magnéticas (figura 21), y son imposibles desprenderlas en el momento de la inspección, si queremos que éstas cambien de dirección, el diseño del escáner llevaría más componentes electrónicos y servomotores para el control y monitoreo de su posición en ese instante, lo que repercute en mayor peso y costo.



Figura 21. Rueda magnética

Otra limitante en el diseño, son los componentes electromecánicos, que se requerirá para el funcionamiento del prototipo, serán proporcionadas por una compañía especializada por lo cual se debe tomar en cuenta las especificaciones como sus dimensiones, forma, peso, funcionamiento y precisión.

La forma conceptual del escáner es como se muestra en la figura 22, y se obtuvo valorando las condiciones anteriores. El diseño sencillo implica menos componentes electromecánicos, y al mantener los elementos de control fuera del prototipo evitamos aumentar el peso. Las ruedas magnéticas siempre mantendrán el contacto entre placa sin cambiar su dirección.

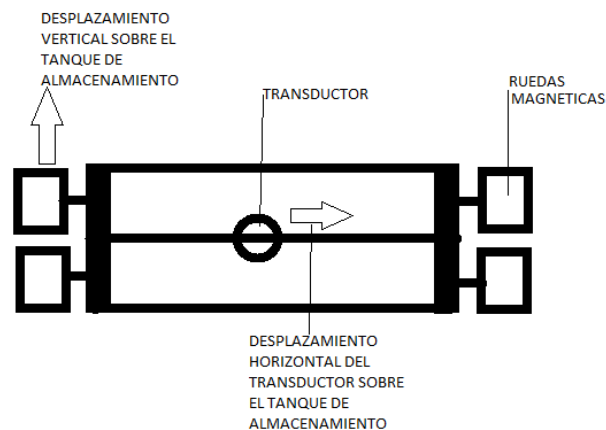


Figura 22. Forma idealizada del escáner de ultrasonido industrial

Al ser un movimiento bidimensional se optó por un actuador lineal para el movimiento lateral del transductor y para el desplazamiento vertical, las ruedas cumplirán con dicho proceso. Se usará un servomotor para el movimiento de las ruedas ya que debemos impulsarlas al mismo tiempo, con esto evitamos algún desajuste en la dirección del escáner y mantenemos el peso total al mínimo. Dichos elementos son comerciales, con una variedad de versiones que pueden adaptarse a las necesidades del cliente.

La inspección que se hará con el escáner de ultrasonido será de gran calidad, por eso se necesita elementos electromecánicos que manejen un rango de precisión de $\pm 0.1\text{mm}$ en los desplazamientos. La compañía FESTO proporcionará estos componentes, ofrece los datos técnicos y archivos gráficos de los elementos que requerimos, facilitándonos el diseño del prototipo (figura 23 y 24).

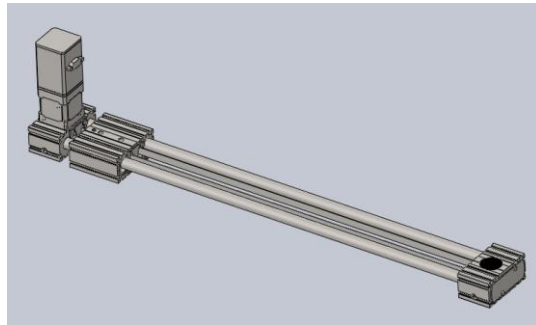


Figura 23. Actuador lineal de banda dentada marca FESTO, archivo proporcionado por la marca.

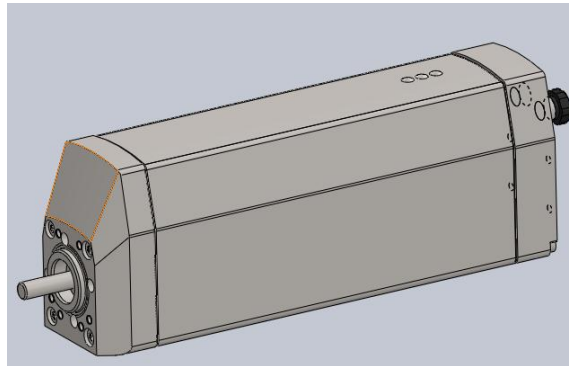


Figura 24. Servomotor marca FESTO

Como se utilizará un servomotor para el movimiento de las ruedas, se buscó la manera de transmitir la potencia a todas ellas. Se concluyó que la forma más confiable sería por medio de un sistema de engranajes, y un eje de transmisión del servomotor hacia dicho sistemas ubicados en las zonas laterales del escáner.

Una de las ventajas que tiene las ruedas magnéticas es la reducida oposición al movimiento paralelo con respecto a la superficie donde se adhiere (figura 25 A), ya que la fuerza magnética es la misma en toda la superficie de la cara, cada rueda posee una fuerza magnética igual a 200 lb. Si queremos desprender la rueda de la superficie, la fuerza magnética se opondrá hasta eliminar el equilibrio de fuerzas (figura 25 B).

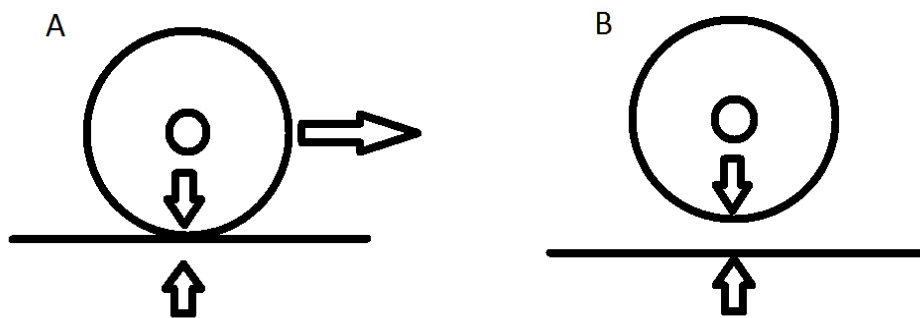


Figura 25. Se muestra el fenómeno magnético que contiene una rueda.

El fenómeno anterior nos demuestra que la fuerza que necesitamos para mover al escáner de forma vertical sobre la pared del tanque no está directamente relacionada con la fuerza magnética de las ruedas, sino con la fuerza producida por el peso del dispositivo en esa posición (posición vertical). Con estos datos podemos seleccionar un servomotor que pueda desplazar fácilmente un peso de 25 Kg que puede tener como máximo el escáner de ultrasonido.

Los engranes (figura 26) que transmitirán la fuerza del servomotor hacia las ruedas serán adquiridas con medidas comerciales, y no se tendrán que maquinar, al igual que los rodamientos (figura 27) que soportarán cargas radiales ocasionadas por el peso y axiales por el movimiento de los ejes (aunque esta última de menor magnitud).

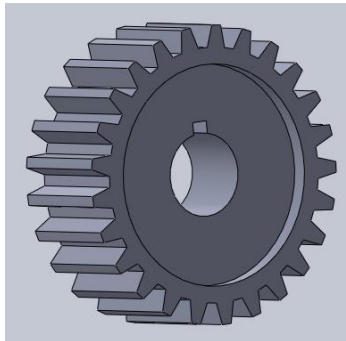


Figura 26. Engrane para las ruedas con dimensiones comerciales

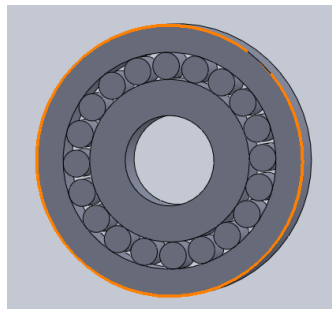


Figura 27. Rodamientos para los ejes con dimensiones comerciales

Otro de los factores que influyen en el diseño del prototipo son los diámetros de los tanques de almacenamiento, ya que pueden variar y en consecuencia, el radio de curvatura que tiene una placa o sección cambia. Se debe considerar que en todo momento las ruedas deben estar completamente adheridas a la superficie. Las ruedas magnéticas deben tener un movimiento angular para mantener la mayor superficie adherida a la placa.

El peso es una limitante en el proyecto, por eso los componentes de control y de generación de señal estarán fuera del escáner. Se mantendrá una conexión mediante un sistema de cables unidos al dispositivo.

Al tomar en cuenta todas las condiciones anteriores se realizó el diseño de cada uno de los componentes del escáner.

Se inició colocando el servomotor (figura 28) que impulsará a las ruedas en una posición central y que no afectara considerablemente el centro de gravedad, con esto logramos obtener un diseño simétrico de la mayoría de las piezas del escáner.

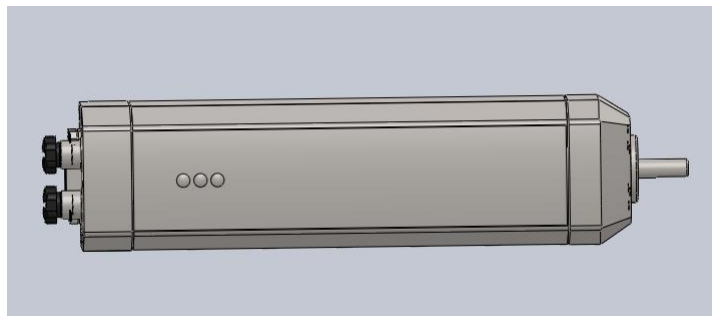


Figura 28. Servomotor previsto para el movimiento de las ruedas.

Se planea usar un sistema de engranajes conectados al servomotor para crear una relación de 2:1 (figura 29), esto con la finalidad de aumentar el torque o fuerza de salida del eje de transmisión, asegurándonos que el servomotor moverá el escáner con facilidad. Además con este sistema podemos transmitir la fuerza del servomotor en dos direcciones mediante un eje. El piñón mide 3 cm. de diámetro primitivo con módulo 2.

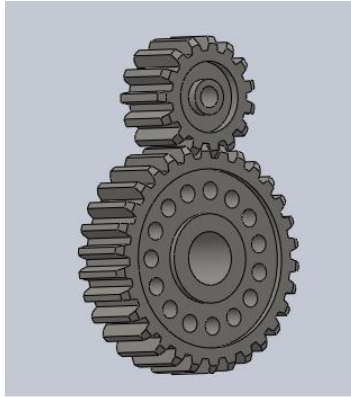


Figura 29. Sistema de engranajes para la transmisión de potencia del servomotor, el piñón se denomina al engrane pequeño.

El diámetro del eje que transmitirá la fuerza producida por el servomotor tiene 2 cm de diámetro y 60 cm de longitud (figura 30). La corona o el engrane impulsado estará unido al eje mediante un prisionero de 4 mm de diámetro. En cuanto al engrane del servomotor estará ensamblado mediante un tornillo en el centro del eje de 5 mm de diámetro.

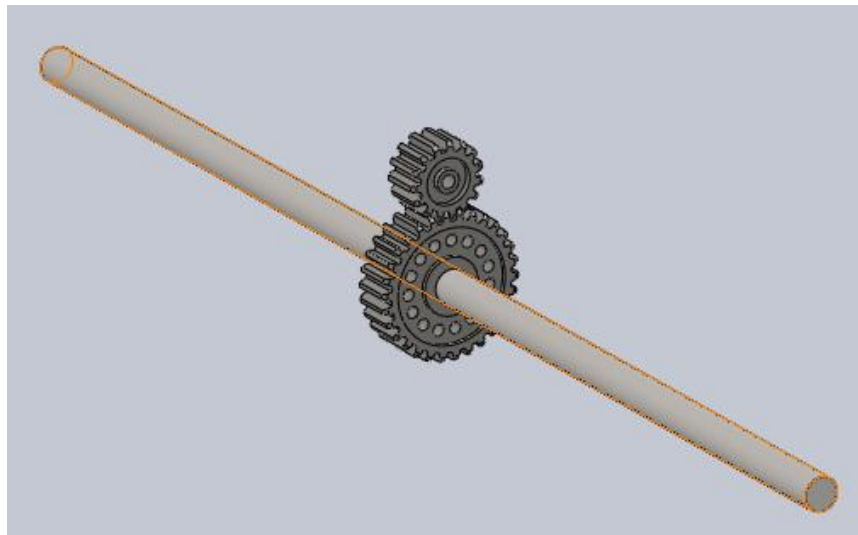


Figura 30. Eje de transmisión acoplado al sistema de engranajes

Para proteger los engranes, se diseñó una cubierta a medida (figura 31) y tendrá otras funciones como el de sostener el servomotor y acoplar dicho sistema mecánico al cuerpo del escáner de ultrasonido (figura 32).

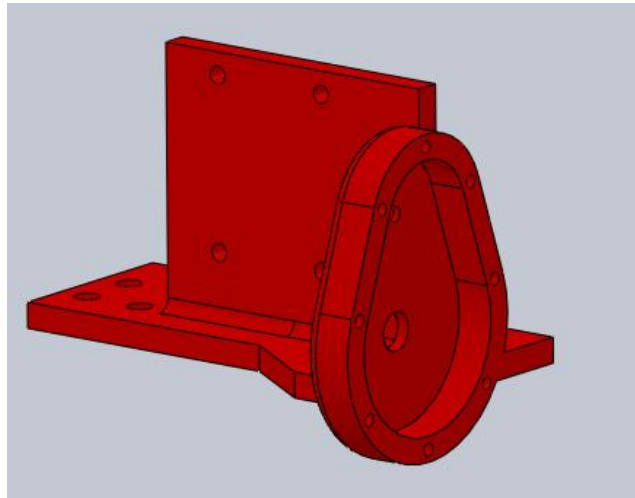


Figura 31. Cubierta del sistema de engranajes

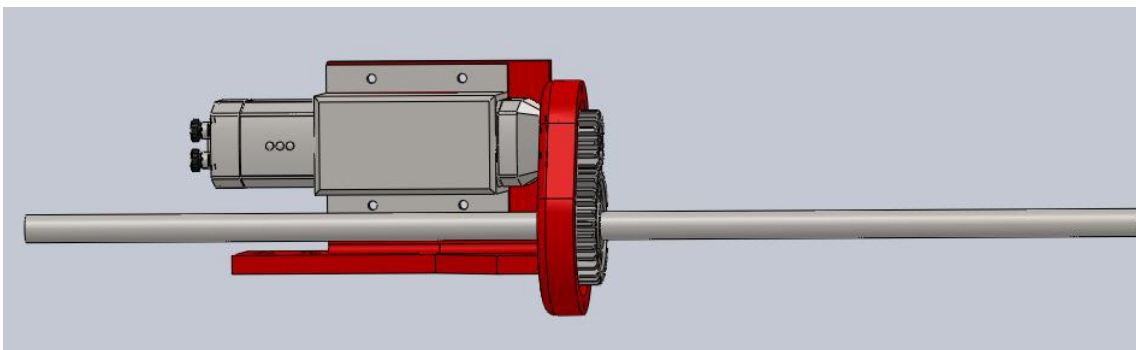


Figura 32. Servomotor, sistema de engranajes y el eje de transmisión unidos mediante la cubierta.

La otra sección de la cubierta solo tendrá un brazo donde se unirá al cuerpo del escáner (figura 33). Se mantendrá unido con los demás componentes del sistema de engranajes mediante tornillo de 5 mm. Dentro de la misma llevará rodamientos de 2 cm para el piñón, y de 4 cm para la corona.

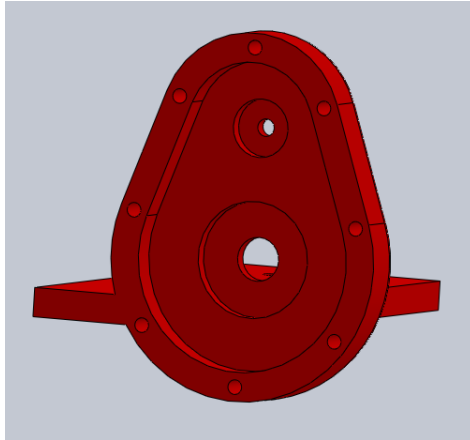


Figura 33. Cubierta complementaria para el sistema de engranajes del servomotor

Continuando con el diseño del escáner, se crearon soportes laterales que mantendrán todo el sistema de tracción de las ruedas y al actuador lineal (figura 34). Se fabricará en aluminio y se diseñó pensando en el intercambio de piezas pequeñas que pueden ser reemplazadas con facilidad. La geometría de la pieza se debe a la funcionalidad y operación del escáner (figura 35), por ejemplo, la sección superior tiene una base en donde se acoplará el actuador lineal y a los costados orificios que servirán de articulación al sistema de engranaje de las ruedas.

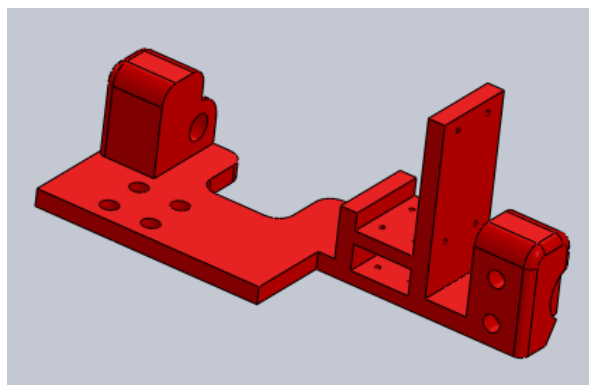


Figura 34. Soporte lateral de las ruedas y del actuador lineal.

Estos componentes se ubicarán a cada costado del sistema de engranajes del servomotor acoplándose mediante perfiles rectangulares (figura 35).

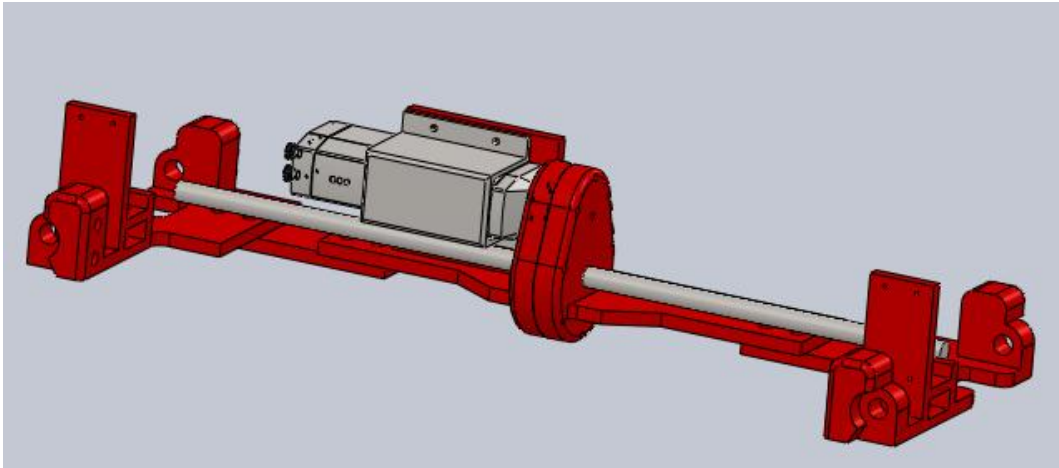


Figura 35. Posición de los soportes laterales.

Se tiene pensado colocar unos pernos de acero (figura 36) para crear la unión entre soporte con el sistema de engranajes de las ruedas. En la figura 37 se aprecia unos bordes sobresalidos que tienen la función de limitar el movimiento angular de las ruedas con respecto a la estructura principal del escáner, al igual, mantiene en posición horizontal las ruedas evitando que la estructura principal toque la superficie (figura 38).

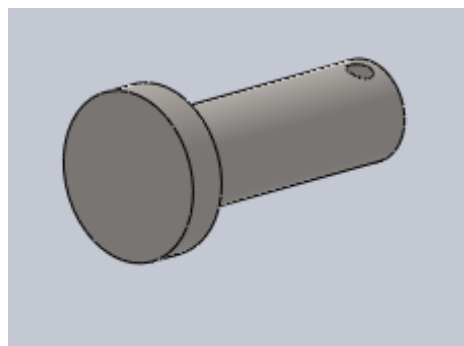


Figura 36. Perno de acero de 1.5 cm de diámetro.

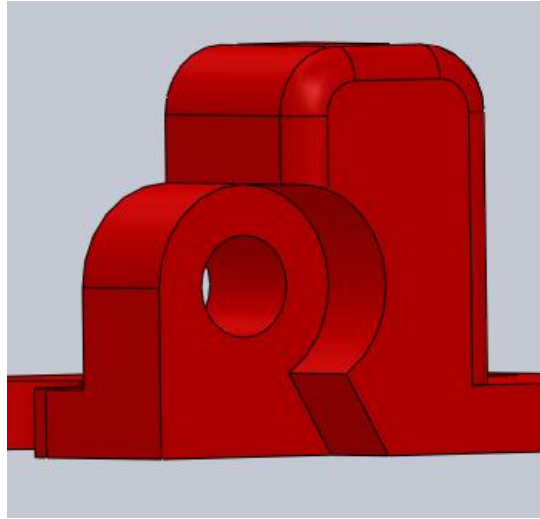


Figura 37. Orificio para el perno que une la estructura principal con el sistema de engranajes.

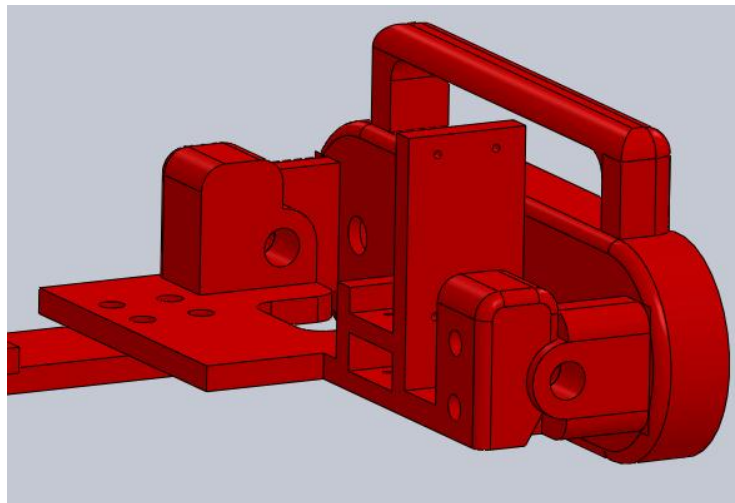


Figura 38. Unión del soporte lateral con la carcasa del sistema de engranajes de las ruedas, alineados horizontalmente.

El ángulo de abertura entre el soporte lateral y la carcasa de las ruedas es de 45° (figura 39).

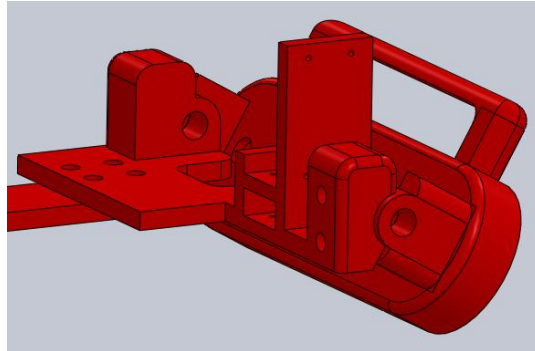


Figura 39. Abertura del sistema de engranajes de las ruedas en relación al soporte lateral con un ángulo de 45° .

La forma inferior del soporte lateral fue diseñada por funcionalidad ya que al haber un cambio de posición entre dos sistemas de engranajes tiene que haber una articulación que transmita la fuerza en cualquier momento. Una junta universal fue la opción, ya que permite la transferencia de movimiento de giro entre dos ejes que forman un ángulo. Es por eso que se eliminó la zona donde se ubica la junta para evitar obstrucciones (figura 40).

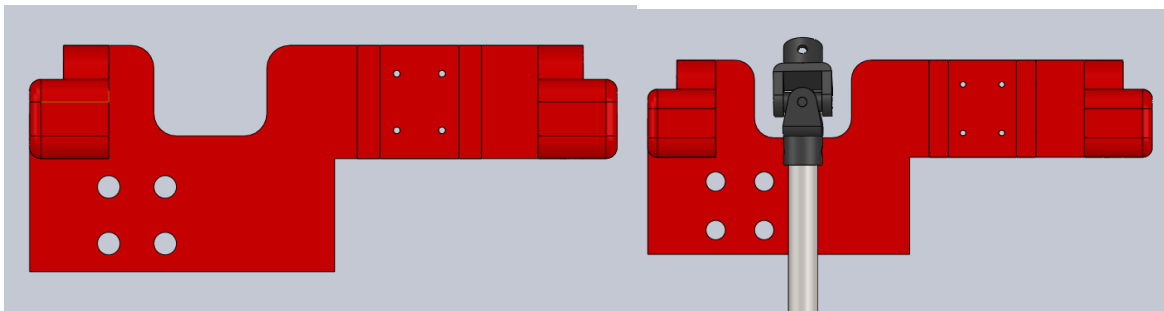


Figura 40. Vista superior del soporte, se aprecia donde se localiza la junta universal.

En México no hay una empresa que maneje este tipo de juntas como las que requerimos en el proyecto, por eso se tomó la decisión de maquinarlos en acero. Para unirlos se utilizarán tornillos de media rosca, y prisioneros de 4mm para acoplarlos a los ejes (figura 41).

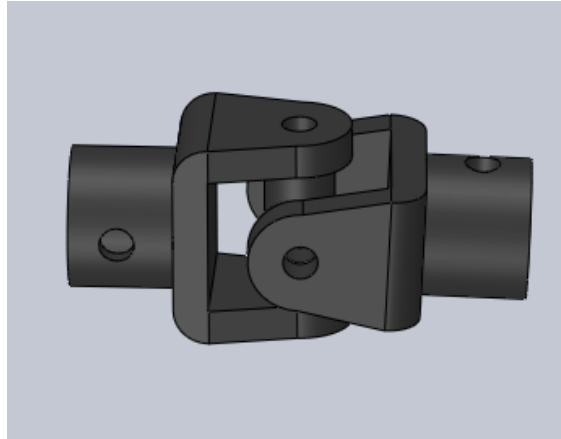


Figura 41. Junta universal.

En la parte superior del soporte se creó una base donde se ubicará el actuador lineal para el transductor (figura 42).

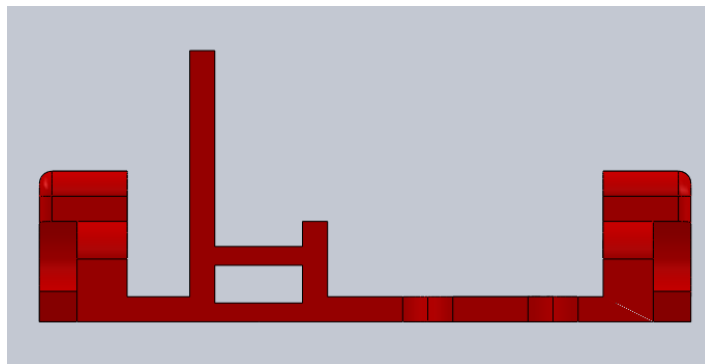


Figura 42. Base para el actuador lineal dentro del soporte lateral.

El motor a pasos de dicho actuador quedó en posición horizontal para reducir la altura del escáner (figura 43). Se trató de colocar la línea de acción del actuador a la mitad del escáner, para proteger al transductor de cualquier impacto por una posible caída.

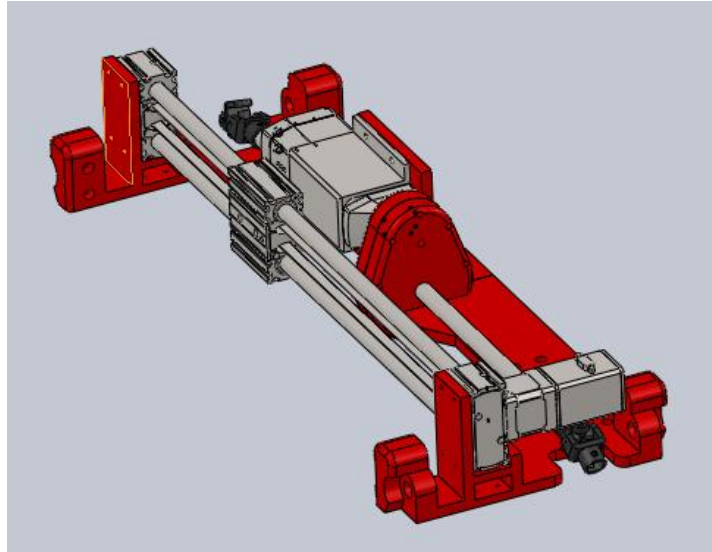


Figura 43. Colocación del actuador lineal en la base del soporte.

El sistema de engranajes de dos ruedas se compone de 5 engranes de 5cm de diámetro primitivo y módulo 2, los diámetros internos son de 2 cm para los engranes de las ruedas y 1.5 cm para los engranes de transmisión (figura 44). Los ejes de transmisión tienen una reducción de 1 cm de diámetro por 7 mm de longitud para acoplar los rodamientos que se emplearán entre los ejes y la carcasa del engranaje, y en el caso de los ejes de las ruedas tienen una reducción de 1.5 cm de diámetro en los extremos, uno de 8mm y otro de 30 mm (figura 45). Dichos ejes son de acero al carbono. Se seleccionó esta configuración porque la distancia entre las 2 ruedas debe ser mayor a 15 cm (condiciones del diseño) y si se empleáramos solo 3 engranes de 5cm no habría espacio para colocar las ruedas, por otro lado si aumentamos el diámetro de los engranes, la estructura del sistema

de engranajes quedaría con las dimensiones de la rueda, dejando el diseño obsoleto.

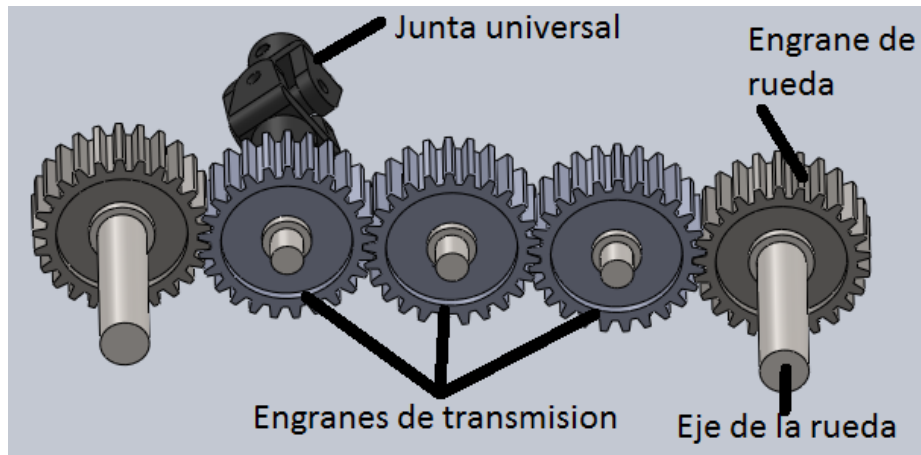


Figura 44. Sistema de engranajes para la transmisión de movimiento hacia las ruedas

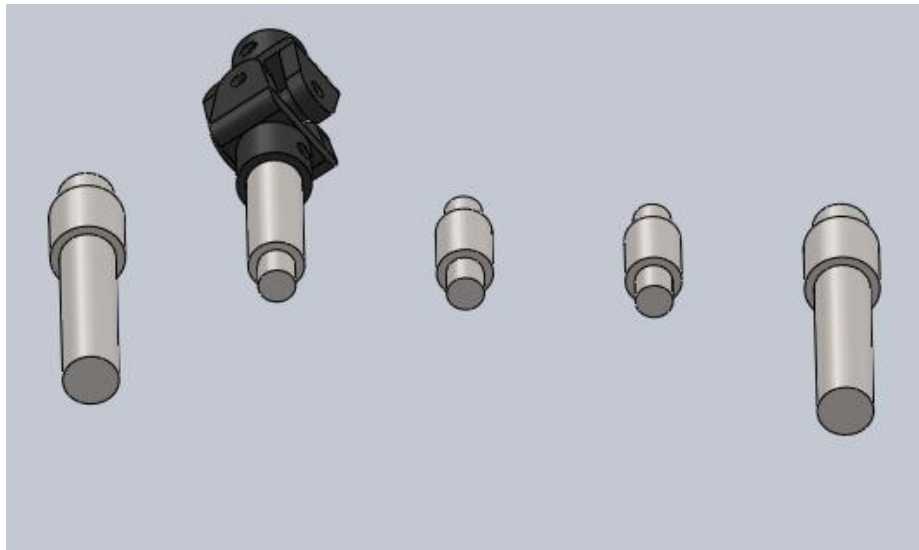


Figura 45. Ejes diseñados para el sistema de engranajes de las ruedas

Los engranes estarán unidos a su respectivo eje mediante prisioneros de 4mm de diámetro.

La carcasa del sistema de engranajes se fabricará en aluminio con las dimensiones justas para los engranes, en la parte superior externa tendrá unos mangos para sujetar el escáner. En su interior tendrá contornos en los cuales se colocarán los rodamientos (figura 46) que han sido previamente seleccionadas en un catálogo comercial, de acuerdo a las características mecánica que requerimos. En este caso seleccionamos un rodamiento de rodillos que tiene la ventaja de soportar grandes cargas radiales, suponiendo que esas cargas son las mayores en el diseño (figura 47).

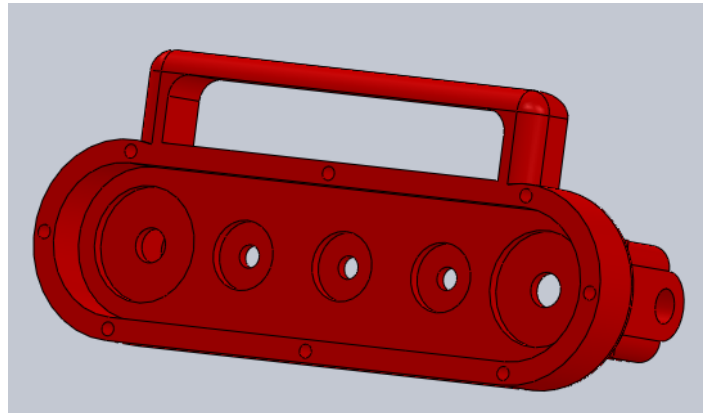


Figura 46. Cortes circulares en el interior de la carcasa del sistema de engranajes.

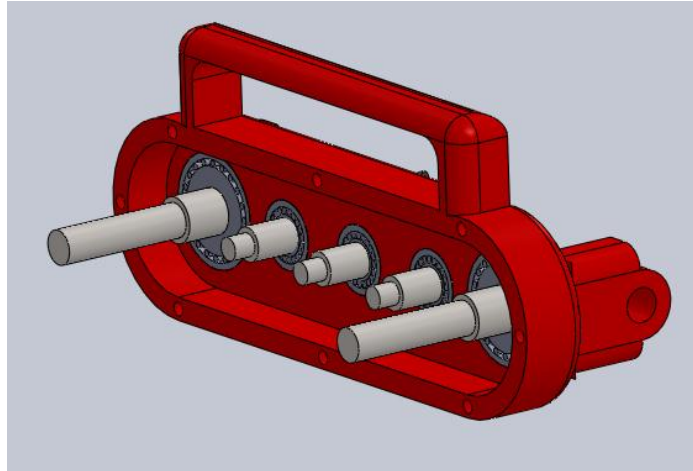


Figura 47. Carcasa del sistema de engranes

Para proteger a los engranes de agentes contaminantes externos, la carcasa tendrá una tapa de aluminio (figura48). Está compuesto de espacios para rodamientos y orificios en los cuales saldrán los ejes de las ruedas (figura 49). Dicha tapa se unirá a la carcasa mediante tornillos métricos de 6 mm ubicados en el contorno de la misma. Las estrías marcadas en la zona frontal de la tapa reduce el peso.

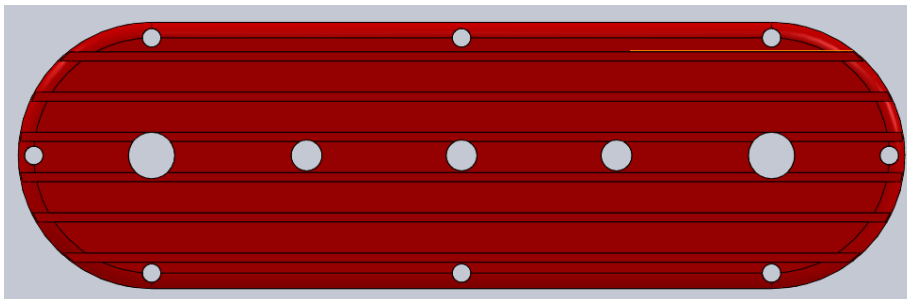


Figura 48. Tapa que protege el engranaje de las ruedas

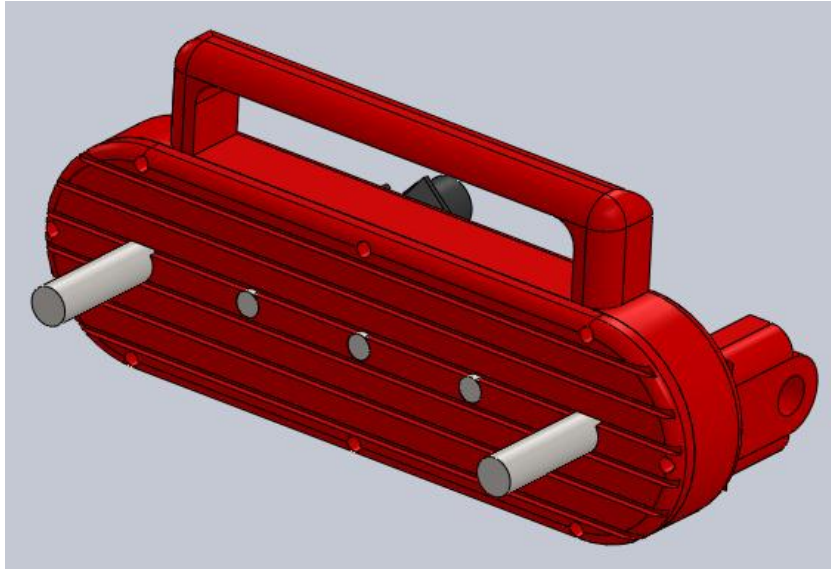


Figura 49. Ensamble del sistema de engranajes

Al sistema de engranajes se le acoplará las ruedas magnéticas utilizando un sistema de sujeción que operan por medio de tornillos en el centro del eje (figura 50).

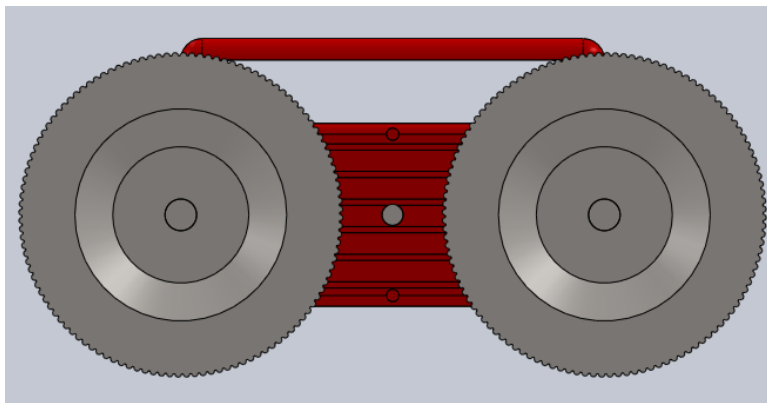


Figura 50. Ensamble de las ruedas con el sistema de engranajes

Regresando a la estructura principal la parte delantera del escáner se colocará una pieza (figura 51) que ayuda a elevar la rigidez de la misma, protege al

transductor y a su vez sirve para colocarle una cuerda que evite posibles caídas si en un momento pierde adherencia las ruedas al inspeccionar un tanque de almacenamiento (figura 52). Se planea maquinar en aluminio para reducir el peso. Estará unida mediante dos tornillos métricos de 1cm de diámetro en cada lado.

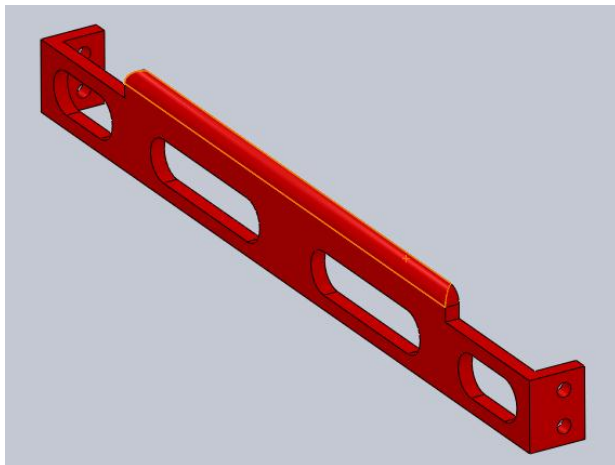


Figura 51. Estructura delantera del escáner

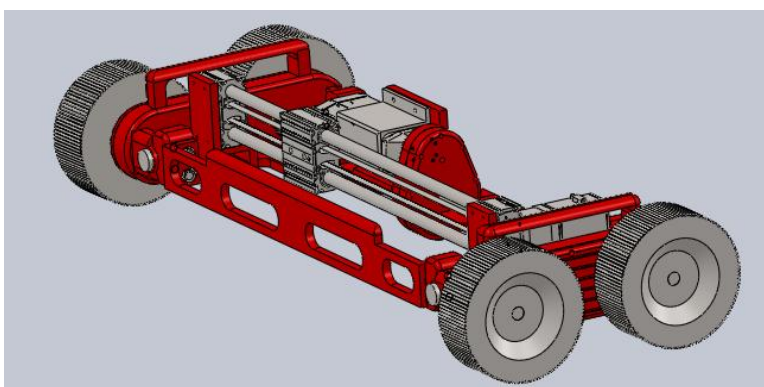


Figura 52. Posición de la pieza frontal en el escáner

Dentro del actuador lineal se creó un soporte para insertar el transductor ultrasónico, ésta tiene una forma compleja ya que debe resolver el problema de adherencia del transductor a la placa al momento de inspeccionar (figura 53).

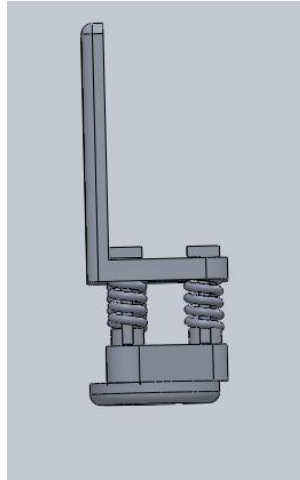


Figura 53. Soporte para el transductor

Contiene un sistema de articulación en dirección horizontal, el cual mantiene en todo tiempo el transductor normal a la placa sin que el radio de curvatura de la misma afecte la inspección (figura 54).

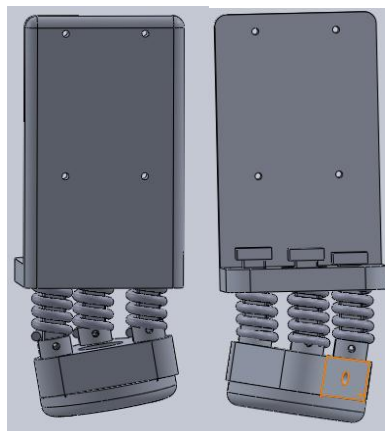


Figura 54. Articulación del soporte para el transductor

El transductor estará acoplado mediante una rosca milimétrica interna ubicada en la base del soporte, de 15 mm de diámetro, y en esa misma base se insertará un tubo de alimentación de agua (figura 55), el cual hará la función de acoplador entre el transductor y la placa. Esta base posee bordes redondeados para evitar que el transductor se detenga al encontrarse con puntos de soldadura o superficies irregulares. Esta geometría en la base se ha visto en sistemas robóticos de medición de espesores por puntos.

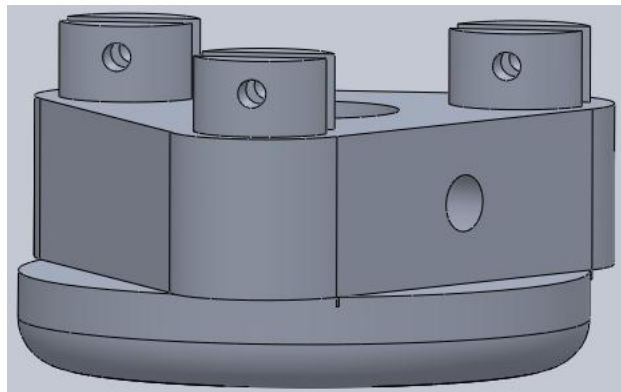


Figura 55. Ubicación del orificio donde se insertará el tubo alimentador de agua

Con los componentes principales diseñados, se crearon elementos que protejan los sistemas mecánicos, electromecánicos y electrónicos del escáner.

Para la zona en donde se ubica el servomotor y el eje de transmisión, se diseñó una carcasa rectangular que abarca todo el ancho de la estructura principal del escáner (figura 56).



Figura 56. Carcasa que protege el servomotor y el eje de transmisión.

Esta pieza diseñó en aluminio, pero en realidad se empleará una cubierta más ligera como plástico o una lámina de acero muy delgada, esto para reducir costos y el peso total del dispositivo. Este componente tendrá una especie de conector el cuál contendrá todas las conexiones que sean necesarias para el funcionamiento del dispositivo, como el sistema de alimentación, señales del encoder de los servomotores y la señal del generador de pulsos ultrasónicos (figura 57). Estos tipos de conectores son comerciales y se pueden ajustar a las necesidades del cliente.



Figura 57. Conector insertado en el diseño de la carcasa

A su vez, la carcasa tiene una abertura rectangular en el cual saldrán los cables de señales del servomotor del actuador lineal y el generador de pulsos ultrasónicos (figura 58).

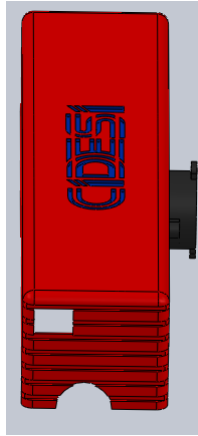


Figura 58. Abertura rectangular para la salida de conexiones del servomotor y el transductor

Los cables que se utilizarán en el escáner estarán ordenados dentro de un sistema de eslabones ya que algunos componentes se mueven y necesitan cierto grado de libertad. Este componente lo ofrece la compañía FESTO para mantener un orden en los sistemas eléctricos y electrónicos (figura 59).



Figura 59. Juego de eslabones que se utiliza para mantener en orden el cableado de un sistema electrónico o eléctrico.

El diseño final mantiene formas muy básicas y funcionales (figura 60), y gracias a las aplicaciones de Solidworks y a los datos técnicos de la compañía FESTO se pudo corroborar que el peso total del escáner es de 23.5 Kg.

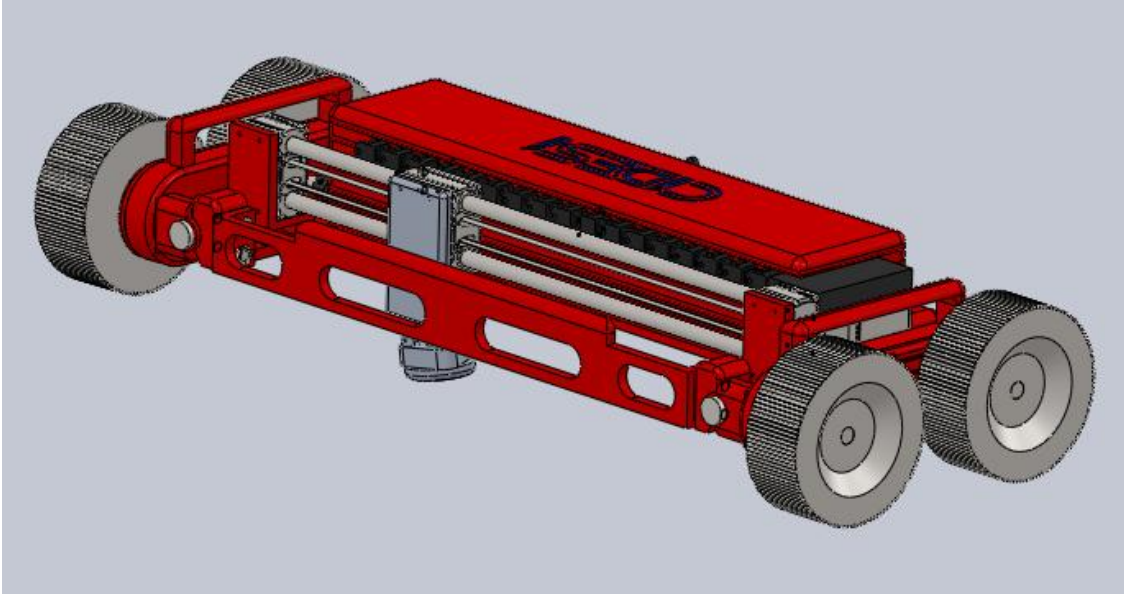


Figura 60. Diseño final del escáner de ultrasonido industrial.

ANALISIS DE ESFUERZOS EN EL DISEÑO

Al observar el diseño propuesto para el escáner de ultrasonido industrial, se localizaron puntos críticos en los cuales se concentran grandes esfuerzos, tal es el caso del eje de transmisión y el soporte lateral que soporta la mayoría de los componentes y las coraza del sistema de engranajes del servomotor.

Como el material que se desea emplear es aluminio y acero, se debe comprobar si las piezas soportan las cargas estimadas. Dichos elementos sufren alguna deformación pero no debe ser mayor al límite elástico. Se demostrará la integridad de las piezas mencionadas, usando un complemento de Solidworks llamado SimulationXpress para conocer la reacción de los elementos en base a cargas dadas.

Esta aplicación permite conocer las flexiones que sufre una pieza y si presenta deformaciones plásticas, además de localizar las zonas en donde se concentran el efecto de un esfuerzo.

Se inició el análisis al eje de transmisión que distribuye la fuerza a todas las ruedas, estudiando su comportamiento desde la junta universal hasta el engrane (la mitad del eje). En la figura 61 se aprecia al eje con un punto de apoyo en un extremo simulando la oposición de la junta universal al movimiento (flechas verdes) y una fuerza de torsión en el otro (flechas café) donde se encuentra el engrane del servomotor. Al observar el resultado del análisis se localiza un esfuerzo en el punto de apoyo, pero esta es menor al valor del límite elástico.

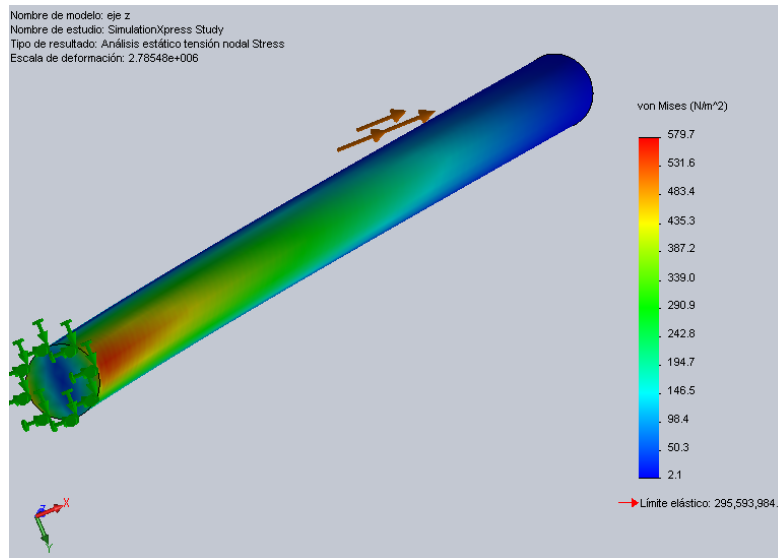


Figura 61. Análisis de esfuerzo en el eje de transmisión.

Luego se analizó la cubierta del sistema de engranajes del servomotor. Esta pieza posee un perfil rectangular que se une al soporte lateral. Tomando el peso total que contiene esta parte (7.4 Newtons) se comprobó la deformación que puede tener. Los resultados muestran un esfuerzo muy pequeño, por debajo del límite elástico.

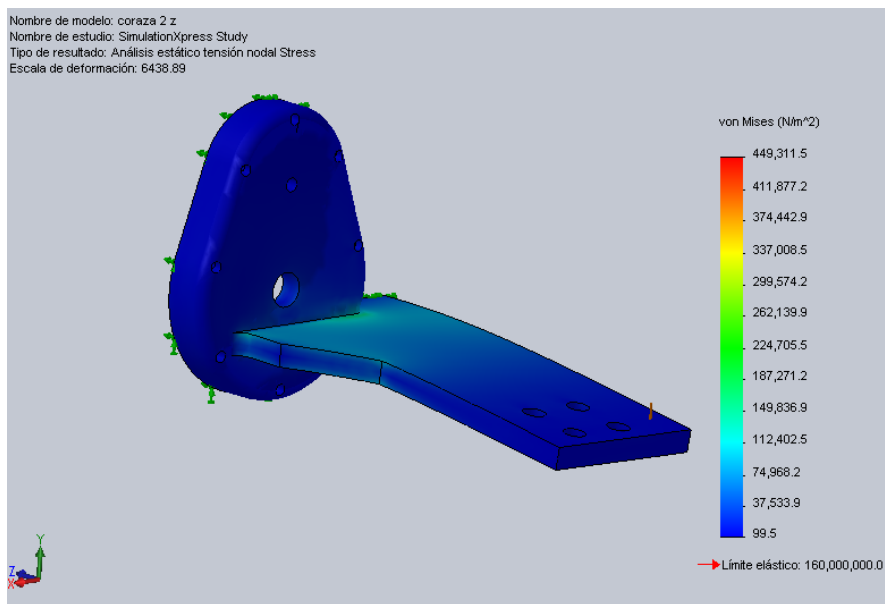


Figura 62. Análisis de esfuerzos en la cubierta de engranajes del servomotor

Además se puede conocer el desplazamiento que sufre la pieza, y en este caso es muy pequeña, de 0.0002953 mm (figura 63).

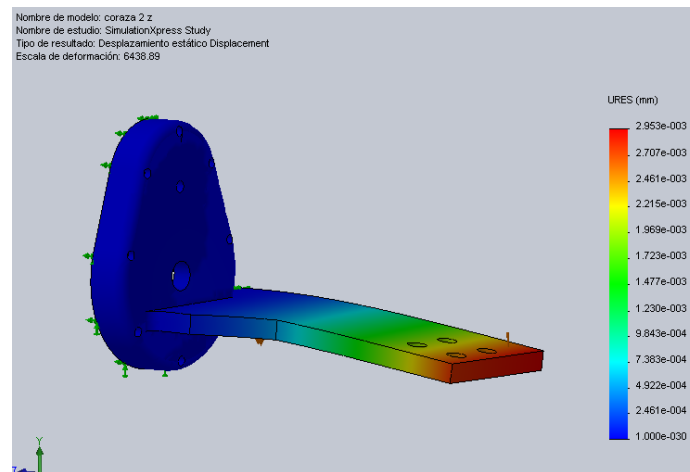


Figura 63. Desplazamiento de la cubierta al aplicarle una carga

La última pieza analizada mediante SimulationXpress fue el soporte lateral. Tiene que mantener cargas producidas por el actuador lineal, el sistema de engranajes del servomotor y la cubierta del escáner, teniendo una carga total de 15.5 newtons. En el análisis de esfuerzos (figura 64) se aprecia una concentración en la parte más delgada de la pieza, pero debajo del 35% del límite elástico del material.

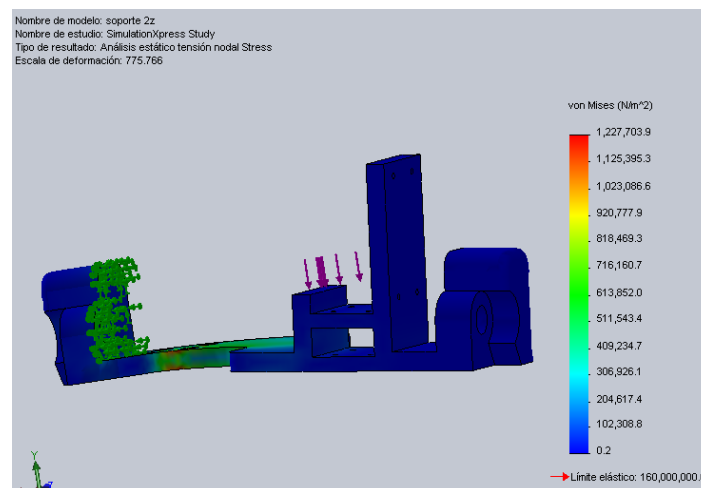


Figura 64. Análisis de esfuerzos en el soporte lateral

La deflexión que puede tener esta pieza es de 0.0345 mm tomando en cuenta la misma carga de 15.5 newtons (figura 65).

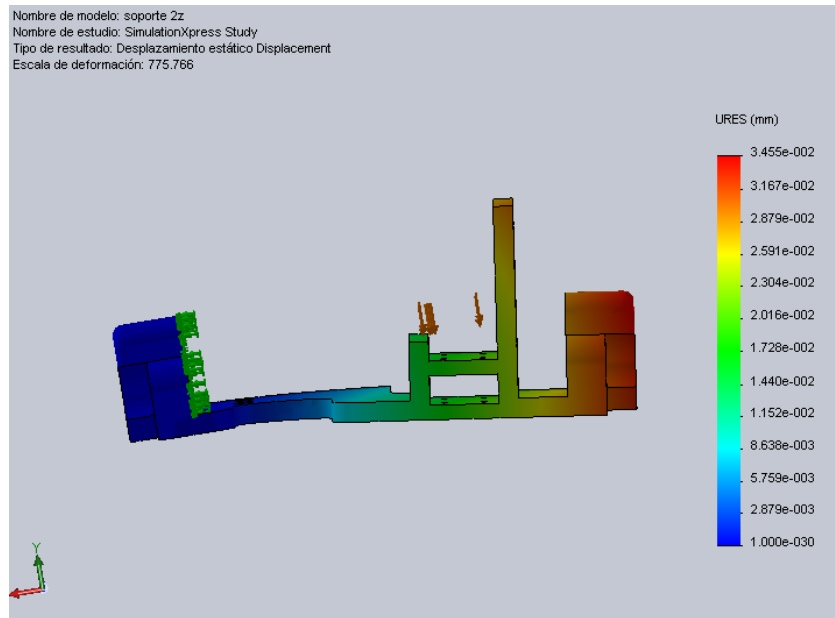


Figura 65. Deflexión del soporte lateral del escáner.

En conclusión podemos determinar que las piezas soportan las cargas estimadas, y que el diseño no requiere de algún ajuste, por lo tanto el diseño puede pasar a la etapa de fabricación.

PROGRAMACION EN CoDeSys

La programación del controlador lógico programable se comenzó después de realizar el diseño del escáner, ya que en ese momento se tenía conocimientos de los componentes electromecánicos que se usarán, y sus características.

Para manipular los sistemas de potencia del escáner de ultrasonido industrial (servomotor, actuador lineal) se creó una interface utilizando una tarjeta de adquisición de datos, entre el programa creado en LabView y el controlador lógico programable (Plc), esta tarjeta envía señales en forma de pulsos entre el programa y el Plc, y a su vez, el Plc manipula los sistemas de potencia cuando se cumplan ciertas condiciones.

En el caso del controlador lógico programable, se empleó el software CoDeSys para diseñar un programa en lenguaje de programación tipo escalera (ladder), que opere al servomotor y al actuador lineal.

El programa se dividió en tres partes (figura 66), el primero es el programa principal (llamado "PLC_PRG" por defecto), en el cuál el operador enciende el sistema y el programa verifica que todos los componentes de control y de potencia están en buen estado. Al tener el sistema preparado se puede activar algún subprograma o bien manipular el escáner manualmente para ubicarlo en la zona de inspección.

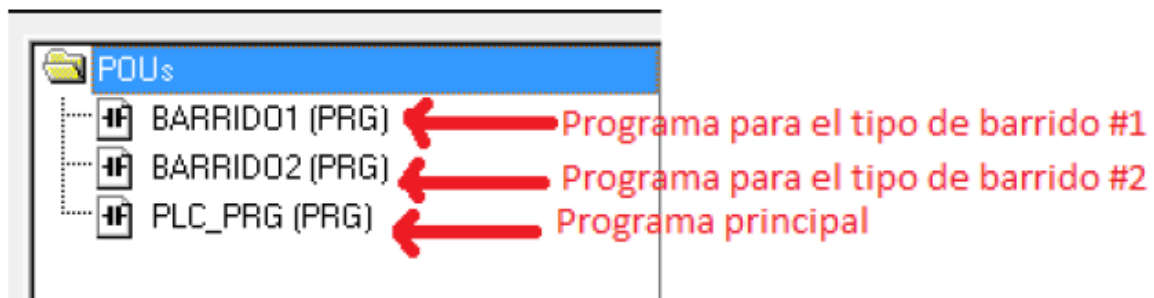


Figura 66. Programas realizados en CoDeSys

Luego sigue un subprograma llamado “BARRIDO 1” y tiene el objetivo de realizar la inspección de una región limitada no mayor a una superficie de 100x50cm, en un trayecto definido (figura 67). El escáner estará posicionado de forma vertical con referencia a la base del tanque de almacenamiento (figura 68) y si en alguna circunstancia la placa es menor al área mencionada, el programa se puede detener manualmente y almacenar los datos adquiridos por el dispositivo. Este subprograma establece una conexión con el programa de LabView para mostrar gráficamente los resultados.

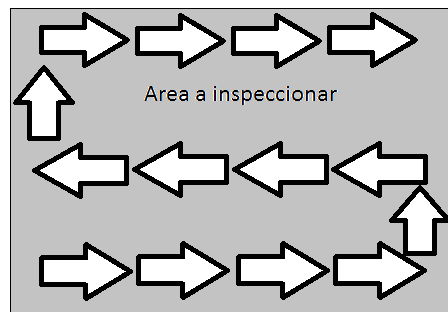


Figura 67. Trayecto del escáner de ultrasonido al activar el barrido 1

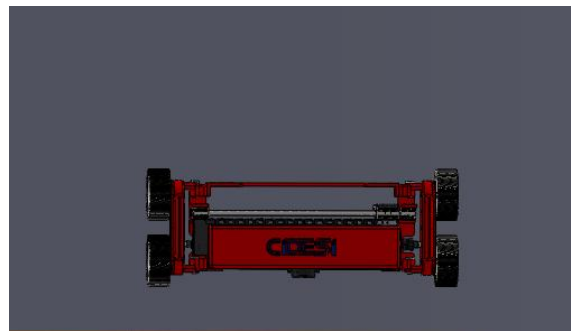


Figura 68. Posición del escáner de ultrasonido industrial en relación al tanque de almacenamiento.

El tercer subprograma se llama “BARRIDO 2” y tiene la misma función que el subprograma “BARRIDO 1”, la única variante es el trayecto que debe realizar el escáner para el barrido del área (figura 69). La posición del escáner será la misma para los dos barridos, por lo que solamente cambia el tiempo entre el movimiento del actuador lineal y las ruedas.

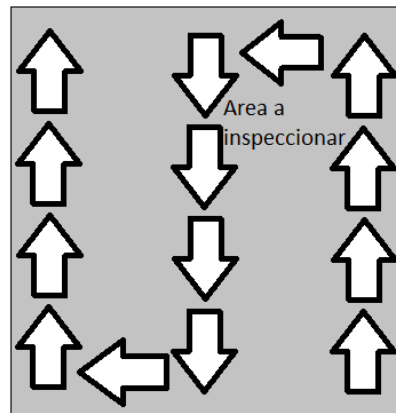


Figura 69. Trayecto del escáner de ultrasonido al activar el barrido 2

A continuación se muestra el esquema del programa principal y su funcionamiento.

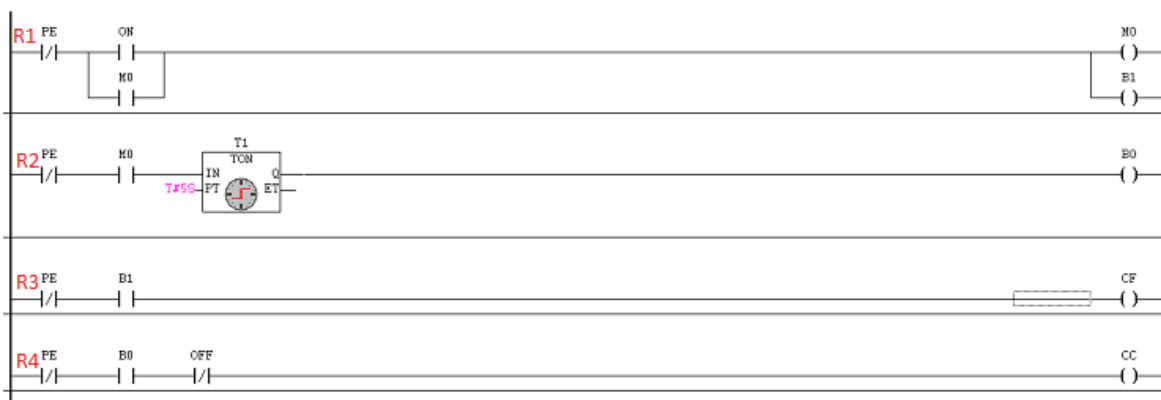


Figura 70. Estructura del programa principal.

- R1: En esta sección se localizan los interruptores principales. En primer plano el botón de paro de emergencia, seguido del botón ON, el cual energiza a M0, que indica que se ha prendido el sistema y a éste su vez activa la bandera B1.
- El contacto de M0 debajo de ON ayuda a mantener energizado el circuito ya que el botón ON solo es pulsador y no mantiene contacto permanente, comúnmente se le conoce a esta acción como enclavamiento.
- R2: En cuanto se activa M0, éste activa al temporizador T1 y al terminar el tiempo establecido por T1 se activa B0
- R3: Al activarse B1 éste inmediatamente enciende el circuito de Fuerza
- R4: Una vez activada la bandera B0, ésta manda a energizar el circuito de control

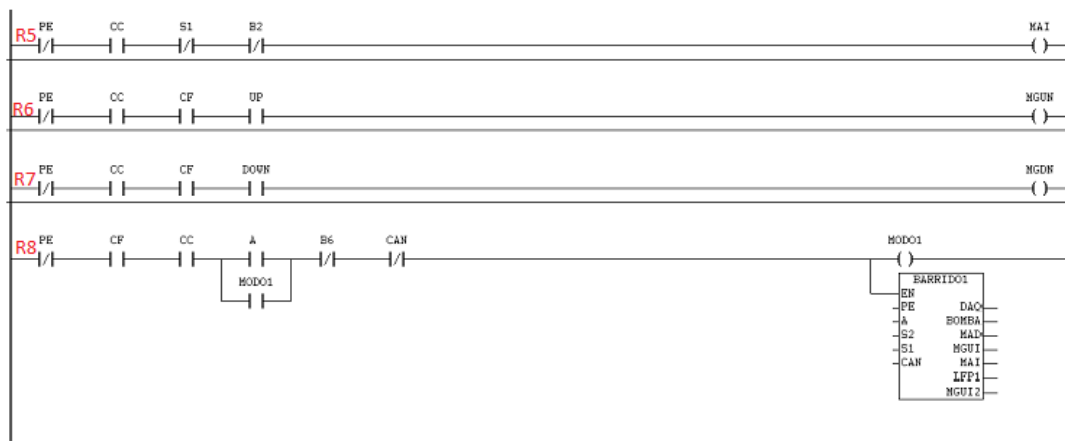


Figura 71. Estructura del programa principal (continuación).

- R5: Al accionarse el circuito de control, si el sistema no detecta una señal del sensor 1, se mueve automáticamente a una posición inicial el cual debe ser que el transductor debe de estar del lado izquierdo (en el sensor 1), es decir acciona MAI. Pero si éste ya se encuentra en posición inicial, el circuito queda abierto en la parte de S1 ya que el sensor detecta al actuador y evita movimiento alguno.

- R6: Al activar los circuitos de fuerza y control, se puede presionar UP para accionar MGUN y hacer que avance el carro a fin de colocarlo en la zona a inspeccionar.
- R7: Del mismo modo que opera R6 es posible presionar Down accionando a MGDN con el que se mueve en reversa el carro, para colocarlo en la zona de inspección.
- R8: Una vez que se ha colocado el carro en la zona a inspeccionar, es posible pulsar el botón A, activando así el MODO1 de inspección mandando llamar al programa BARRIDO1, con el cual se realiza una de las dos opciones de barrido, también existe en esta rama un interruptor de la opción CAN, el cual al ser activado abre el circuito cancelando así el barrido y mandando a posición inicial el actuador. El contacto de MODO1 debajo de A ayuda a mantener energizado el circuito, ya que el botón A solo es pulsador y no mantiene contacto permanente, por eso se debe enclavar.



Figura 72. Estructura del programa principal (continuación).

- R9: Una vez que se ha colocado el escáner en la zona a inspeccionar, es posible pulsar el botón B, activando el MODO2 de inspección mandando llamar al programa BARRIDO2 con el cual se activa la segunda opción de escaneo, también existe en esta rama un interruptor con la opción CAN, el cual al ser activado abre el circuito cancelando así el barrido y mandando a posición inicial el actuador. El contacto de MODO2 debajo de B ayuda a mantener energizado el circuito, ya que el botón B solo es un pulsador y no mantiene contacto permanente.

En cada programa se emplearon variables reales y virtuales (denominados bandera), de entrada y de salida.

En la siguiente tabla se registran todas las variables usadas en el programa y lo subprogramas del Plc.

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Entrada	ON	Botón de encendido
Entrada	OFF	Botón para apagar la etapa de control
Entrada	PE	Paro de emergencia
Entrada	S1	Sensor detector de presencia del lado izquierdo
Entrada	S2	Sensor detector de presencia del lado derecho
Entrada	CAN	Botón para cancelar el escaneo
Entrada	UP	Botón para mover el escáner hacia arriba
Entrada	DOWN	Botón para mover el escáner hacia abajo
Entrada	A	Botón con el que se inicia la opción de barrido 1
Entrada	B	Botón con el que se inicia la opción de barrido 2
Salida	BOMBA	Enciende la bomba
Salida	DAQ	Activa la DAQ para tomar datos
Salida	MGUI	Mueve el motor grande hacia adelante de forma lenta

Tabla 2. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys

Salida	MAD	Mueve el actuador a la derecha
Salida	M0	Indica que el sistema esta energizado
Salida	CF	Enciende circuito de fuerza
Salida	CC	Enciende circuito de control
Salida	MGUN	Mueve motor grande hacia adelante rápido
Salida	MGDN	Mueve el motor grande hacia atrás rápido
Salida	MAI	Mueve el actuador a la izquierda
Salida	MODO1	Inicia la inspección 1
Salida	MODO2	Inicia la inspección 2
Salida	LPFR2	Barrido 2 terminado
Salida	MGDI	Mueve el motor grande hacia atrás de forma lenta
Salida	LFP1	Barrido 1 terminado
Bandera	B0	Enciende circuito de control
Bandera	B1	Enciende el circuito de fuerza
Bandera	B2	Impide que se mueva el actuador a la izquierda

Tabla 3. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys (continuación)

Bandera	B3	Controla el tiempo para avanzar adelante
Bandera	B4	Acciona el contador 1
Bandera	B5	Detiene MGUI
Bandera	B6	Detiene la inspección del modo1
Bandera	B7	Indica que el actuador está del lado izquierdo
Bandera	B8	Manda tiempo 2 a T2
Bandera	B9	Activa el T3
Bandera	B10	Manda a prender el Contador 2
Bandera	B11	Mueve el actuador a la derecha
Bandera	B12	Fin de movimiento a la derecha
Bandera	B13	Indica que el escáner ha bajado
Bandera	B14	Manda un segundo pulso al contador 2
Bandera	B15	Indica que el barrido 2 termino
Bandera	B16	Mover otra vez el actuador a la derecha
Bandera	B17	Mandar otro pulso al contador
Bandera	B18	Resetea al contador

Tabla 4. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys (continuación)

Temporizador	T1	Enciende el sistema de control
Temporizador	T2	Tiempo para subir el carro
Temporizador	T3	Tiempo para avanzar adelante
Temporizador	T4	Resetea MGUI y activa MAD
Temporizador	T5	Resetea MAD
Temporizador	T6	Desactiva BOMBA, DAQ
Temporizador	T7	Resetea pulso de contador
Contador	C1	Lleva el conteo de los ciclos del MODO1
Contador	C2	Lleva el conteo de los ciclos del MODO2

Tabla 5. Variables usadas en el programa realizado en CoDeSys (continuación)

Presupuestos y cotizaciones

Con el diseño terminado, se continuó con la cotización de piezas y componentes necesarios para poner en marcha el prototipo del escáner de ultrasonido.

Para empezar, los componentes que se utilizarán para el funcionamiento del programa son los siguientes:

Componentes	Precio
Laptop marca DELL modelo INSPIRON 15R	\$15,499.00
Tarjeta de adquisición de datos marca National Instruments modelo NI USB-6525	\$4,520.00
Generador de señales ultrasónicas marca ULTRATEK modelo USB-UT350	\$45,000.00
Transductor ultrasónico con conexión tipo BNC marca GE	\$5,499.00
TOTAL	\$70,518.00

Tabla 6. Presupuesto para el funcionamiento del programa en LabView.

Tanto el generador de señales, como el transductor solo pueden ser comprados bajo pedido, ya que en México no hay una empresa que oferte dichos componentes, y su valor puede variar.

En cuanto a los componentes prefabricados marca FESTO, la cotización de las piezas incluye los componentes de control, de potencia y los accesorios necesarios para la instalación (figura 73 y anexo 1).

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 1 MOTOR MTR-DCI-625-VDSC-EG7-H2IO Project#	533754	52,921.83	1 PZA	52,921.83
Item 2 CABLE ALIMENT. P/MTR-DCI 2.5 mts KPWR-MC-1-SUB-9HC-2,5	537931	1,511.95	1 PZA	1,511.95
Item 3 CABLE CONTROL P/MTR-DCI 2.5 mts KES-MC-1-SUB-9-2,5	537923	1,521.56	1 PZA	1,521.56
Item 4 EJE CORREA DEN. ELGR-TB-35-500-0H Project#	560505	9,524.94	1 PZA	9,524.94
Item 5 MOTOR P.A.P. EMMS-ST-57-S-S-G2 Project#	1370474	3,350.39	1 PZA	3,350.39
Item 6 Cable enc0der NEBM-M12G8-E-2.5-LE8 Project#	1451587	1,394.35	1 PZA	1,394.35
Item 7 Cable del motor NEBM-M12G8-E-2.5-Q5-LE6 Project#	1449601	1,336.25	1 PZA	1,336.25
Item 8 MICROSCHALTER S-3-BE Project#	30648	141.17	1 PZA	141.17

FESTO

ALDO JONATHAN (CUENTA ESPECIAL)

COL.
00000
R.F.C. XAXX010101000
TEL.

Cotización
15068570

Original-Cliente

Fecha:
11.09.2013

Página:
2 de 3

Festo Pneumatic S.A.

Av. 5 de Febrero # 1305
Querétaro
76138 Querétaro
Querétaro
Tel: (42) 16-36-08
Fax: (42) 16-33-61

Festo Pneumatic, S. A.

Av. Ceylán #3
Tlalnepantla
Colonia Tequesquínhuac
Estado de México
54020
Tel: (5) 321-66-00
Fax: (5) 321-66-42
www.festo.com/mx

Figura 73. Cotización de piezas marca FESTO

ALDO JONATHAN (CUENTA ESPECIAL)
 *
 COL.
 00000 *
 R.F.C. XAXX010101000
 TEL.

FESTO

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
Item 9 TERMINAL 50E-T07GHQSEJEIJJAJ-Z Project#	197 330	31,075.55	1 PZA	31,075.55
Subtotal MXP:				102,777.99
IVA:				16,444.48
Total MXP:				119,222.47

**Cotización
15068570**

Original-Cliente

Fecha:
11.09.2013

Página:
3 de 3

Figura 74. Cotización de piezas marca FESTO (continuación).

El costo total de los componentes marca FESTO es de **\$119,222.47** disponibles en un plazo no mayor a 3 semanas.

Para las piezas a fabricar, el CIDESI cuenta con el área de maquinados y fue en ese lugar que se requirió la cotización de piezas para el escáner (figura 75 y anexo 2), para reducir el tiempo de fabricación.

Nombre del solicitante	ALDO J. HIDALGO G.	Número de Cotización	2013-0067
Dirección solicitante	Tecnología de Materiales	Fecha de Elaboración	30/9/2013
e-mail:	aldo_hidalgo@outlook.com	Proyecto solicitante	INTERNO

Item	Núm. Parte	Descripción	Cant.	Horas. Ing.	Material	Servicios	Subtotal
1		JUNTA UNIVERSAL	1	1,405.00	160.00	-	1,565.00
2		VARIILLA TRASDUCTOR	1	2,020.00	20.00	-	2,040.00
3		TRASDUCTOR BASE	1	4,570.00	400.00	-	4,970.00
4		SOPORTE TRASDUCTOR	1	3,620.00	1,420.00	-	5,040.00
5		TAPA ENGRANES	1	4,570.00	720.00	-	5,290.00
6		SOPORTE TRESERO	1	1,270.00	990.00	-	2,260.00
7		SOPORTE PRINCIPAL 1	1	970.00	290.00	-	1,260.00
8		SOPORTE PRINCIPAL 2	1	970.00	290.00	-	1,260.00
9		SOPORTE MOTOR	1	970.00	1,070.00	-	2,040.00
10		SOPORTE INFERIOR DER.	1	970.00	430.00	-	1,400.00
11		SOPORTE DELANTERO	1	970.00	120.00	-	1,090.00
12		ESTRUCTURA PRINC. TRASERA	1	970.00	450.00	-	1,420.00
13		ESTRUCTURA PRINC. DELANTER	1	970.00	450.00	-	1,420.00
14		ESTRUCTURA BASE	1	1,870.00	140.00	-	2,010.00
15		EJE TRASMISION RUEDAS	1	295.00	20.00	-	315.00
16		EJE RUEDAS	1	820.00	40.00	-	860.00
17		EJE ENGRANE TRANSMISION	1	295.00	20.00	-	315.00
18		CARCASA SERVOMOTOR	1	5,370.00	3,810.00	-	9,180.00
19		CARCASA REDUCTOR 2	1	2,820.00	400.00	-	3,220.00
20		SOPORTE ACTUADOR LINEAL	1	1,240.00	430.00	-	1,670.00
21		CARCASA RUEDAS	1	4,570.00	720.00	-	5,290.00
22				-	-	-	-
23				-	-	-	-
24				-	-	-	-
25				-	-	-	-
SUBTOTALES				41,525.00	12,390.00	-	53,915.00
INDIRECTOS				14,533.75	1,239.00	-	15,772.75
						UTILIDAD	6,228.75
						SUBTOTAL	75,916.50
<p>PRECIO</p> <p>1.- Precios cotizados en MXN Pesos</p> <p>2.- Los precios mencionados no incluye 16% IVA</p>							

Figura 75. Cotización solicitada al área de maquinados del CIDESI

En esta cotización solo se asignaron los precios unitarios de las piezas, y al realizar el costo total de los componentes, tomando en cuenta la cantidad y el IVA se obtuvo un presupuesto de **\$106,395.54**.

Los engranes y rodamientos necesarios para la fabricación del escáner de ultrasonido se contactó a la empresa Engranes finos y Baleromex respectivamente para la cotización de las piezas.

Componentes	Precio unitario
Engrane recto de 3 cm de diámetro primitivo $m=2$ y diámetro interno de 0.6 cm.	\$240.00
Engrane recto de 6 cm de diámetro primitivo $m=2$ y diámetro interno de 2 cm.	\$560.00
Engrane recto de 5 cm de diámetro primitivo $m=2$ y diámetro interno de 1.5 cm.	\$ 480.00
Rodamiento de tipo rodillo marca TIMKEN 40x15x7 mm	\$110.00
Rodamiento de tipo rodillo marca TIMKEN 45x20x7 mm	\$130.00
TOTAL	\$6,780.00

Tabla 7. Presupuesto estimado para rodamientos y engranes.

En resumen, el costo total del proyecto será aproximadamente de **\$302,916.00** pesos.

RESULTADOS

Por el lado del software, el programa diseñado en LabView para mostrar gráficamente la diferencia de espesor de una superficie se ha probado, mediante un generador de señales ultrasónicas y una tarjeta de adquisición de datos, se ha enviado y recibido señales en forma de pulsos (variaciones de voltaje) obteniendo resultados muy favorables al inspeccionar manualmente placas metálicas planas y con superficies curvas (figura 76 y 77).



Figura 76. Generador de señales ultrasónicas.



Figura 77. Tarjeta de adquisición de datos.

Igualmente, la programación para el controlador lógico programable se ha revisado con un complemento del programa CoDeSys y ha funcionado correctamente. Para esta prueba no fue necesaria crear una interfaz mediante la tarjeta de adquisición de datos.

Por otro lado, el diseño del escáner cumple con todos los requisitos, condiciones y normas para la operación de inspección (figura 78). La geometría de cada pieza se basó en la funcionalidad y con el complemento de Solidworks llamado SimulationXpress se ha garantizado la integridad de las piezas en base a las cargas estimadas que deben soportar. Se ha tomado en consideración piezas prefabricadas que se pueden conseguir sin ningún problema ya que la ventaja de esto es la reducción del costo y tiempo de fabricación del dispositivo.

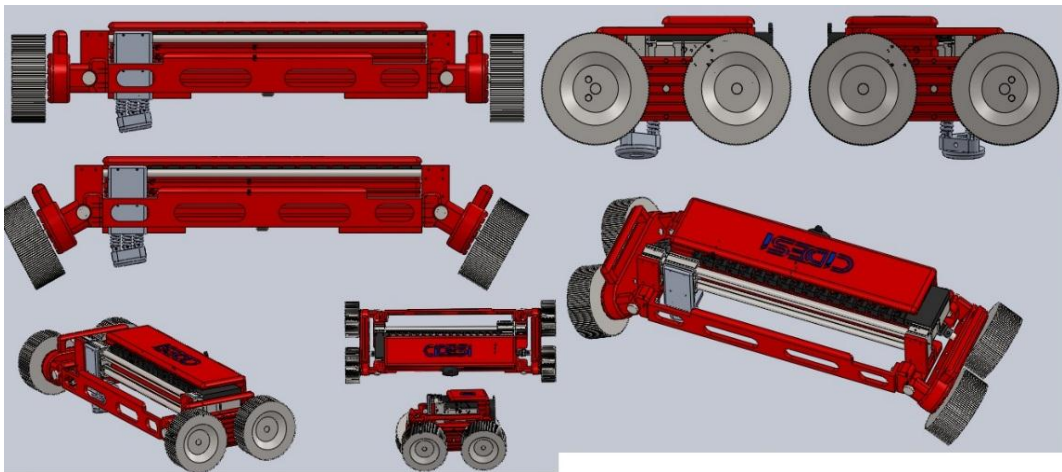


Figura 78. Escáner de ultrasonido para inspección de tanques de almacenamiento

Al estimar el precio del dispositivo, se obtiene una cifra considerable, pero hay que tomar en consideración que el proyecto no tiene referencia y por lo tanto, algunos componentes se deben fabricar, y en la actualidad los componentes electrónicos y electromecánicos son muy costosos.

La fabricación del dispositivo se pospuso por cuestiones administrativas del CIDESI, por lo que el periodo de prácticas profesionales no cumplirá el cronograma de actividades estimado.

CONCLUSIÓN

El proyecto del escáner de ultrasonido para inspección de tanques de almacenamiento es muy ambicioso, esta idea innovadora puede marcar un estándar en la inspección con sistemas ultrasónicos para tanques y placas, indicando que también se debe analizar la superficie del tanque y no solo los cordones de soldadura.

Los sistemas de procesamiento de datos (programa de LabView) y de potencia (diseño) están listos y preparados hasta cierto punto, garantizando que el prototipo cumpla con su función. Los componentes diseñados fueron analizados mediante el programa de Solidworks y se tiene la plena confianza que soportarán las cargas por fatiga y peso.

La programación de los controladores electromecánicos fue probada y se garantiza el funcionamiento correcto del todo el sistema.

Un servicio de inspección a tanques es costoso, por lo que el prototipo puede ser amortizable en un periodo estimado a 2 años y medio, pero si tomamos en cuenta que el área de ensayos no destructivos realiza diferentes métodos de inspección, (llámese partículas magnéticas, líquidos penetrantes, ultrasonido) el tiempo se reduce. Además con este dispositivo se puede obtener la confiabilidad del cliente que solicita la inspección, mejorando la calidad de la misma y asegurando al área de ensayos no destructivos la oportunidad de realizar futuras inspecciones con ellos.

En resumen, se recomienda concluir el proyecto, fabricando el prototipo y demostrando su funcionalidad, ya que dará muchos beneficios tanto al área de ensayos no destructivos, como a la empresa que solicita el servicio. Solo con el prototipo fabricado se puede comprobar si todo el sistema funciona correctamente o si requiere un ajuste.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y APLICADAS

Al obtener conocimientos de ingeniería mecánica tuve la opción de participar en muchas partes del proyecto, en este caso apoyé en el segmento del diseño del escáner, tomando en cuenta lo que se aprendió en la materia de estática, mecánica de materiales y diseño, como el análisis de esfuerzos, la materia de dibujo técnico para diseñar la geometría de las piezas y para resolver problemas de transferencia de fuerza, la materia de sistemas mecánicos proporcionó los conocimientos necesarios para resolver este problema. Al igual que en manufactura, para la selección de material y de componentes prefabricados.

En lo referente a la programación de sistemas electromecánicos en lenguaje escalera, la materia de automatización y control dio las herramientas necesarias para realizarlo.

Al final se cotizó todos los componentes necesarios para fabricar el prototipo, buscando la mejor opción en cuanto a calidad-precio. Algo que un ingeniero mecánico toma en cuenta al realizar un proyecto, optimizando recursos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Jorge Sagrero, Manual de ultrasonido nivel 1 (CIDESI)
- Jorge Sagrero, Manual de ultrasonido nivel 2 (CIDESI)
- Sergio Gómez G., Solidworks practico 1. Pieza, Ensamblaje y Dibujo. Marcombo Ediciones.
- Sergio Gómez G., Solidworks práctico 2. Complementos. Marcombo Ediciones.
- Diseño en Ingeniería Mecánica. Shigley 8va edición. McGraw Hill

REFERENCIAS VIRTUALES

- http://www.festo.com/cms/es-mx_mx/index.htm
- http://www.infoplcn.net/files/descargas/codesys/infoPLC_net_Iniciacion_Code_sys_Grafcet.pdf
- (quick start ladder codesys) www.youtube.com/watch?v=WP9pUfBi6Pw
- <http://es.scribd.com/doc/43932899/LENGUAJE-DE-PROGRAMACION-LADDER>
- <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/Diagrama%20Es-calera.pdf>
- <http://www.engranefinos.com/>
- <http://www.baleromex.com/>

ANEXO 1

Cotización de componentes electromecánicos marca FESTO

FESTO

ALDO JONATHAN (CUENTA ESPECIAL)

COL.
00000
R.F.C. XAXX010101000
TEL.

Descripción	Material	Precio Unitario	Cantidad	Total
item 1 MOTOR MTR-DCI-62S-VDSC-EG7-H2IO Project#	533754	52,921.83	1 PZA	52,921.83
item 2 CABLE ALIMENT. P/MTR-DCI 2.5 mts KPWR-MC-1-SUB-9HC-2,5	537931	1,511.95	1 PZA	1,511.95
item 3 CABLE CONTROL P/MTR-DCI 2.5 mts KES-MC-1-SUB-9-2,5	537923	1,521.56	1 PZA	1,521.56
item 4 EJE CORREA DEN. ELGR-TB-35-500-0H Project#	560505	9,524.94	1 PZA	9,524.94
item 5 MOTOR P.A.P. EMMS-ST-57-S-S-G2 Project#	1370474	3,350.39	1 PZA	3,350.39
item 6 Cable encoder NEBM-M12G8-E-2.5-LE8 Project#	1451587	1,394.35	1 PZA	1,394.35
item 7 Cable del motor NEBM-M12G8-E-2.5-Q5-LE6 Project#	1449601	1,336.25	1 PZA	1,336.25
item 8 MICROSCHALTER S-3-BE Project#	30648	141.17	1 PZA	141.17
item 9 TERMINAL 50E-T07GHQSEJLJAI-Z Project#	197330	31,075.55	1 PZA	31,075.55
		Subtotal MXP:		102,777.99
		IVA:		16,444.48
		Total MXP:		119,222.47

**Cotización
15068570**

Original-Cliente

Fecha:
11.09.2013

Página:
2 de 3

Festo Pneumatic S.A.

Av. 5 de Febrero # 1305
Querétaro
76138 Querétaro
Querétaro
Tel: (42) 16-36-08
Fax: (42) 16-33-61

Festo Pneumatic, S. A.

Av. Ceylán #3
Tlalnepantla
Colonia Tequesquínahuac
Estado de México
54020
Tel: (5) 321-66-00
Fax: (5) 321-66-42
www.festo.com/mx

ANEXO 2

Cotización de piezas a fabricar en el área de maquinados del CIDESI

Nombre del solicitante	ALDO J. HIDALGO G.	Número de Cotización	2013-0067
Dirección solicitante	Tecnología de Materiales	Fecha de Elaboración	30/9/2013
e-mail:	aldo_hidalgo@outlook.com	Proyecto solicitante	INTERNO

Item	Núm. Parte	Descripción	Cant.	Horas. Ing.	Material	Servicios	Subtotal
1		JUNTA UNIVERSAL	1	1,405.00	160.00	-	1,565.00
2		VARILLA TRASDUCTOR	1	2,020.00	20.00	-	2,040.00
3		TRASDUCTOR BASE	1	4,570.00	400.00	-	4,970.00
4		SOPORTE TRASDUCTOR	1	3,620.00	1,420.00	-	5,040.00
5		TAPA ENGRANES	1	4,570.00	720.00	-	5,290.00
6		SOPORTE TRESERO	1	1,270.00	990.00	-	2,260.00
7		SOPORTE PRINCIPAL 1	1	970.00	290.00	-	1,260.00
8		SOPORTE PRINCIPAL 2	1	970.00	290.00	-	1,260.00
9		SOPORTE MOTOR	1	970.00	1,070.00	-	2,040.00
10		SOPORTE INFERIOR DER.	1	970.00	430.00	-	1,400.00
11		SOPORTE DELANTERO	1	970.00	120.00	-	1,090.00
12		ESTRUCTURA PRINC. TRASERA	1	970.00	450.00	-	1,420.00
13		ESTRUCTURA PRINC. DELANTER	1	970.00	450.00	-	1,420.00
14		ESTRUCTURA BASE	1	1,870.00	140.00	-	2,010.00
15		EJE TRASMISION RUEDAS	1	295.00	20.00	-	315.00
16		EJE RUEDAS	1	820.00	40.00	-	860.00
17		EJE ENGRANE TRASMISION	1	295.00	20.00	-	315.00
18		CARCASA SERVOMOTOR	1	5,370.00	3,810.00	-	9,180.00
19		CARCASA REDUCTOR 2	1	2,820.00	400.00	-	3,220.00
20		SOPORTE ACTUADOR LINEAL	1	1,240.00	430.00	-	1,670.00
21		CARCASA RUEDAS	1	4,570.00	720.00	-	5,290.00
22				-	-	-	-
23				-	-	-	-
24				-	-	-	-
25				-	-	-	-
SUBTOTALES				41,525.00	12,390.00	-	53,915.00
INDIRECTOS				14,533.75	1,239.00	-	15,772.75
						UTILIDAD	6,228.75
						SUBTOTAL	75,916.50

PRECIO

- 1.- Precios cotizados en MXN Pesos
- 2.- Los precios mencionados no incluye 16% IVA

NOTAS Y PLAZO DE ENTREGA

- 3.- Para la fabricación en el laboratorio de manufactura dependera de la carga de trabajo.
- 4.- 25 días hábiles a partir de aceptada la cotización
- 5.- La vigencia de esta cotización es de 30 días
- 6.- Cualquier modificación en los dibujos considerados como definitivos durante la etapa de manufactura y que implique piezas nuevas o maquinados adicionales, serán negociadas de común acuerdo y se cotizaran de manera independiente a los precios definitivos en la presente cotización.