

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“DISEÑO DEL SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA GARANTIZAR LA REPRODUCIBILIDAD QUE DEMANDA LA CALIBRACIÓN Y ENSAYOS DE SISTEMAS DOSIMÉTRICOS, PATRONES Y DE OPERACIÓN DEL LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS DE LA SUBSECRETARIA DE CONTROL, INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES DEL ECUADOR”

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

RICARDO STEPHAN LOAIZA SALAZAR

DIRECTOR:

ING. FERNANDO OLMEDO

CODIRECTOR:

ING. PATRICIO QUEZADA

Sangolquí, 2013 – Marzo

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto: **“DISEÑO DEL SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA GARANTIZAR LA REPRODUCIBILIDAD QUE DEMANDA LA CALIBRACIÓN Y ENSAYOS DE SISTEMAS DOSIMÉTRICOS, PATRONES Y DE OPERACIÓN DEL LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS DE LA SUBSECRETARIA DE CONTROL, INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES DEL ECUADOR”** fue realizado en su totalidad por Ricardo Stephan Loaiza Salazar como requerimiento parcial para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.

Ing. Fernando Olmedo

DIRECTOR

Ing. Patricio Quezada

CODIRECTOR

Sangolquí, 2013-06-03

LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO

“DISEÑO DEL SISTEMA SEMI AUTOMÁTICO PARA GARANTIZAR LA REPRODUCIBILIDAD QUE DEMANDA LA CALIBRACIÓN Y ENSAYOS DE SISTEMAS DOSIMÉTRICOS, PATRONES Y DE OPERACIÓN DEL LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS DE LA SUBSECRETARIA DE CONTROL, INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES DEL ECUADOR.”

ELABORADO POR:

RICARDO S. LOAIZA S.

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

Ing. ANGELO VILLAVICENCIO

DIRECTOR DE CARRERA

Sangolquí, 2013-06-03

DEDICATORIA

Este proyecto está dedicado a mis padres Ricardo Loaiza y María Salazar especialmente por siempre confiar en que podía lograrlo, a mi hermana Tayde Loaiza y mi hermano Christian Loaiza por estar siempre presentes y apoyarme en cada momento y a todas las personas que contribuyeron cada día dándome una mano para poder salir adelante y afrontar cada problema que se presentaba.

RICARDO STEPHAN LOAIZA SALAZAR

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios y a mi familia que me han apoyado desde que inicio el trayecto de convertirme en un profesional, sin ellos no sería posible este gran paso en mi vida, a mis amigos y colegas con quienes he compartido estos años de estudio y me han enseñado el valor de la amistad. A los señores docentes y en especial a mis directores de proyecto que gracias a su apoyo y enseñanza he logrado culminar mi carrera. Al Ingeniero Jorge Bastidas por confiar en que podía lograr desarrollar este proyecto, por su colaboración y su tiempo en los Laboratorios de la SCIAN.

RESUMEN EJECUTIVO

La Subsecretaría de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (SCIAN) es el organismo gubernamental que regula, controla y difunde el uso pacífico de las radiaciones ionizantes a nivel nacional.

La SCIAN brinda al pueblo ecuatoriano lo que la sociedad moderna demanda de sus instituciones: productos y servicios eficientes y de calidad, cumpliendo los requisitos de seguridad radiológica y protección física que recomienda el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).

El proyecto inició cuando nace la necesidad de modernizar los equipos para la calibración y ensayos de sistemas dosimétricos, patrones y de operación, entonces se elaboró un sistema de selección de la solución idónea al problema con lo cual se revisaron varios aspectos y se procedió con la selección de elementos para el diseño del mecanismo semi-automático.

Con el objetivo de modernizar y de garantizar la reproducibilidad, se elaboró un programa HMI SCADA, con el cual se obtiene una simulación del control del sistema semi-automático (ver capítulo 5), donde también se tiene un tutorial de cómo fue elaborado el programa.

Finalmente el proyecto concluye con una propuesta económica del proyecto donde consta la lista de elementos a utilizar así como costos de mano de obra, ingeniería y pruebas de programación, para que de esta manera se pueda continuar con la construcción del sistema.

EXECUTIVE SUMMARY

The Undersecretary of Research and Applications Nuclear Control of the Ministry of Electricity and Renewable Energy (SCIAN) is the government agency that regulates, controls and disseminates the peaceful use of ionizing radiation nationwide.

The SCIAN provides the Ecuadorian people what modern society demands of its institutions: efficient products and services, quality, fulfilling the requirements of radiation safety and physical protection recommended by the International Atomic Energy Agency (IAEA).

The project began when the need arises modernize equipment for calibration and testing of dosimetry systems, and operating patterns, then developed a system for selecting the right solution to the problem with which we reviewed several aspects and proceeded with the selecting items for the design of the automatic mechanism.

In order to modernize and ensure reproducibility, a program was developed HMI SCADA, which is obtained with a simulation of automatic control (see Chapter 5), which also has a tutorial on how the program was developed.

Finally the project concludes with an economic proposal of the project where the list consists of items to use as well as labor costs, engineering and testing program, so that in this way they can continue with the construction of the system.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	2
LEGALIZACIÓN DEL PROYECTO	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
ÍNDICE	8
LISTA DE TABLAS.....	12
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.3 OBJETIVOS	15
1.3.1 General	15
1.3.2 Específicos.....	15
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO	15
1.5 ALCANCE	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
2.1 BANCADA XYZ – CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DOSIMÉTRICOS.	17
2.2 ANTECEDENTES.	17
2.2.1 Instrumentación Industrial	17
2.2.2 Radiación	18
2.2.3 Rayos X	19
2.2.4 Radiación Ionizante	19
2.2.5 Seguridad Radiactiva.	20
1) Dosímetros.....	20
2) Tipos de Dosímetros.	20
2.2.6 Protección Radiológica.	21
2.2.7 Factores de Seguridad.....	21

2.3	LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS DE LA SCIAN.	22
2.3.1	Calibración de Patrones Dosimétricos.	22
2.3.2	Diagnóstico.	22
2.3.3	Sistema Propuesto.....	23
2.4	ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	23
2.4.1	Controlador Lógico Programable.	23
	• Las ventajas de los controladores lógicos.	24
2.4.2	Sensor final de carrera.....	32
2.4.3	Sistemas de control de movimiento programable.	34
2.5	ELEMENTOS ELECTROMECAÑICOS.....	35
2.5.1	Servo Motores.....	35
1)	PARTES DE UN SERVO MOTOR.....	36
2)	Tipos de Servomotores:	36
2.6	ELEMENTOS MECÁNICOS.	37
2.6.1	Materiales de ingeniería.....	37
1)	Generalidades.....	37
2)	Propiedades del Material.....	38
2.6.2	Perfiles Metálicos.....	39
2.6.3	Mecanismos de Transmisión de Movimiento Rotatorio.....	40
2.6.4	Guías Lineales.....	44
2.6.5	Chumaceras.....	45
2.6.6	Reductor o Motorreductor.	45
CAPITULO III: ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....		47
3.1	ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	47
3.1.1	Precisión	48
3.1.2	Seguridad.....	48
3.1.3	Corrosión	48

3.1.4	Mantenimiento	49
3.1.5	Costos.....	49
3.1.6	Facilidad de uso.....	49
3.1.7	Vida Útil.....	50
3.1.8	Forma y Tamaño.....	50
3.1.9	Montaje	50
3.1.10	Control	50
3.2	SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	51
3.2.1	Análisis de diseño estructural	51
3.2.1.1	Alternativa 1.....	51
3.2.1.2	Alternativa 2.....	52
3.2.2	Matriz de selección	53
3.2.3	Análisis del mecanismo de transmisión de movimiento	54
3.2.3.1	Mecanismo de tornillo de bolas	54
3.2.3.2	Mecanismo de banda y polea.....	54
3.2.4	Matriz de selección	55
CAPITULO IV: DISEÑO		56
4.1	MEDIDAS DE LA BANCADA	56
4.2	SOPORTE DEL PHANTOMA	58
4.3	TORNILLO DE POTENCIA.....	64
4.4	ESTUDIO EN LOS PERFILES.....	66
4.5	BANCADA XYZ.....	69
4.6	REDUCTOR.....	84
4.7	GUÍAS LINEALES.....	85
4.8	TORNILLO DE BOLAS	87
4.9	SERVO MOTORES.....	93
4.10	CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	98

4.11	PANTALLA TÁCTIL	99
4.12	Recomendación de Elementos Analizados.....	101
CAPITULO V: ELABORACIÓN DEL PROGRAMA		102
5.1	SOFTWARE Y DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN.....	102
5.2	DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.....	120
5.3	SOFTWARE Y PROGRAMA.....	122
CAPITULO VI: ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO		123
6.1	COTIZACIÓN DEL PROYECTO.....	123
6.2	FLUJO DE CAJA.....	124
6.3	VALOR ACTUAL NETO (VAN)	125
6.4	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)	126
CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		128
7.1	CONCLUSIONES.....	128
7.2	RECOMENDACIONES.....	129
Bibliografía		130

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: función Y (and).....	27
Tabla 2.2: función O (or).....	28
Tabla 2.3: función Inverso (not).....	29
Tabla 2.4: función Y Negada (nand).....	30
Tabla 2.5: función O Negado (nor).....	31
Tabla 2.6: función O Exclusivo (xor).....	42
Tabla 3.1: Matriz de Selección análisis de diseño estructural.....	53
Tabla 3.2: Matriz de Selección análisis del mecanismo de transmisión de movimiento.....	55
Tabla 4.1: Composición química Aluminio 6061.....	67
Tabla 4.2: Descripción TP760-T.....	100
Tabla 6.1: Cotización del Proyecto.....	123
Tabla 6.2: Flujo de Caja.....	124
Tabla 6.3: VAN Del Proyecto.....	126
Tabla 6.4: TIR Del Proyecto.....	127

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La Subsecretaría de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (SCIÁN) es el organismo gubernamental que regula, controla y difunde el uso pacífico de las radiaciones ionizantes a nivel nacional.

La SCIÁN brinda al pueblo ecuatoriano lo que la sociedad moderna demanda de sus instituciones: productos y servicios eficientes y de calidad, cumpliendo los requisitos de seguridad radiológica y protección física que recomienda el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)

La Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, CEEA fue creada por Ley en 1958 y se consolidó en 1979 con la publicación de su Ley Constitutiva mediante Decreto Supremo N° 5306, publicado en el Registro Oficial N° 798 del 23 de marzo.

Mediante Decreto Ejecutivo No. 978, publicado en el Registro Oficial No. 311, del 08 de abril de 2008, el señor Presidente de la República dispuso la fusión de la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica, CEEA, al Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, entidad que por lo tanto asume el rol de Ente Rector de la política en materia de energía atómica, para lo cual ejerce las atribuciones previstas en la Ley de la CEEA. Con acuerdo Ministerial No. 44 del 9 de octubre de 2008, se expide la Reforma al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del MEER, donde se crea la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares.

Entre las principales funciones que la SCIÁN desempeña, están:

Asesorar al gobierno nacional en lo relacionado con el uso pacífico de la energía nuclear.

Ejecutar políticas, planes y programas para el desarrollo, el uso pacífico y el control de la energía atómica en todos sus aspectos.

Reglamentar la seguridad radiológica y la protección física en todo tipo de aplicaciones de las radiaciones ionizantes.

Asesorar a los organismos del sector público y privado en el uso pacífico de las radiaciones ionizantes, en la prevención de sus riesgos, en temas sobre contaminación e higiene ambiental; y vigilar para que, durante el desarrollo de sus actividades, se cumpla con las disposiciones legales y reglamentarias pertinentes.

Participar en las labores de coordinación, control y evaluación de los programas internacionales de cooperación técnica y científica, en los temas sobre energía atómica que se desarrollan en el país; aún en los casos en que la SCIAN no interviene como entidad ejecutora.

Prestar servicios con aplicación de técnicas nucleares y convencionales.

Hacer cumplir la reglamentación vigente en materia de seguridad radiológica e imponer las sanciones respectivas.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La Subsecretaria de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (SCIAN) brinda el servicio de calibración de los detectores de protección radiológica y calibración sistemas dosimétricos los cuales demandan una alta exactitud y precisión.

Los controles que se llevan en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaria de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador se han visto afectados debido al deterioro de los equipos utilizados en los años de trabajo, por lo cual surge el problema y se requiere de una actualización de los procedimientos que exigen mayor rapidez, simplicidad y protección para los usuarios.

Para esto se han propuesto algunas alternativas para mejorar los procedimientos que se realizan en el Laboratorio y los cuales analizaremos en el desarrollo de este proyecto y lo que conllevará a su diseño.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Entregar a la SCIAN el diseño de un sistema semi automático que garantice la reproducibilidad que demanda la calibración y ensayos de sistemas dosimétricos, patrones y de operación que cumplan con todos los requisitos de calidad y seguridad industrial para las prácticas a realizarse, con una propuesta económica detallada para la realización del proyecto.

1.3.2 Específicos

- Elaborar el diseño de un sistema que permita reproducir los ensayos calibraciones de sistemas dosimétricos primarios y operativos.
- Elaborar un programa en que controlar automáticamente el sistema mecánico y de obtención de parámetros físicos establecidos.
- Especificar los instrumentos y equipos que deben ser utilizados en el sistema.
- Elaborar un análisis económico y financiero de todo el proyecto.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL PROYECTO

Debido a que el 9 de octubre de 2008 se expide la Reforma al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del MEER, donde se crea la Subsecretaría de Control, Investigación y Aplicaciones Nucleares quién continuó con las funciones asignadas en la ley antes mencionada.

Este referente nacional sirve para los usuarios de tele terapia en todo el país, quienes en base a esta referencia planifican tratamientos contra el cáncer en sus instalaciones.

Por lo tanto surge la necesidad de incrementar la precisión en los ensayos y calibraciones que esta entidad ejecuta en esta área, siendo el único medio para lograr esto; la automatización con sistemas de alta precisión para disminuir las incertidumbres que durante estos procedimientos se pueden generar.

1.5 ALCANCE

Diseñar un sistema de reproducibilidad para ensayos de los sistemas dosimétricos primarios y operativos.

Elaborar un software que permita la automatización del sistema, estableciendo un control óptimo que incluya las medidas de seguridad radiológica e industriales.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Este capítulo trata de la importancia de las pruebas realizadas en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador, además de las complicaciones que se han producido para el desarrollo de estas pruebas y de las varias soluciones propuestas. Hoy en día los trabajadores que están involucrados con la radiación necesitan contar con elementos de protección radiológica, por eso es importante conocer de los peligros que existen en esta área y además conocer la alta precisión y la calidad con la que se deben calibrar estos elementos de protección radiológica.

2.1 BANCADA XYZ – CALIBRACIÓN DE SISTEMAS DOSIMÉTRICOS.

La Calibración de sistemas dosimétricos es en sí una verificación legal de instrumentos de medición, irradiación de dosímetros con fines de calibración así como el ensayo de modelo de dosímetros.

El sistema semi-automático de calibración de dosímetros realizará la actividad de comparación de los instrumentos de medición con los patrones dosimétricos y haces de radiación normalizada, disponible en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador.

2.2 ANTECEDENTES.

2.2.1 Instrumentación Industrial¹

Los procesos industriales exigen el control de la fabricación de los diversos productos obtenidos. En todos los casos de procesos es absolutamente necesario controlar y mantener constantes algunas magnitudes como la presión, caudal, temperatura, velocidad, etcétera. Los instrumentos de medición y control permiten

¹Antonio Creus Sole; Instrumentación Industrial; 7ma Edición; Capítulo 1, Generalidades

el mantenimiento y la regulación de estas constantes en condiciones más idóneas que las que el propio operador podría realizar. Para este proyecto a realizar de necesario conocer varios conceptos que serán muy útiles al momento de trabajar y poder obtener los resultados deseados.

- Exactitud

La exactitud es la cualidad de un instrumento de medida que tiende a dar lecturas próximas al verdadero valor de la magnitud medida. Entonces podemos decir que es el grado de conformidad de un valor indicado a un valor estándar aceptado, considerado este como si fuera el verdadero.

- Precisión

La precisión es la cualidad de un instrumento por la cual tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de las mismas.

Los instrumentos de medida están diseñados para ser precisos, pero periódicamente estos se des calibran por lo cual deben reajustarse para que sean precisos.

- Repetibilidad

La repetibilidad es la capacidad de reproducción de las posiciones del índice o de la señal de salida del instrumento, al medir repetidamente valores idénticos de la variable en las mismas condiciones de servicio y con el mismo campo recorrido, dando de esta manera un sinónimo de precisión.

2.2.2 Radiación²

La radiación es un fenómeno en el cual la energía se propaga en forma de onda a través del espacio. La radiación electromagnética es la cual se propaga en forma de ondas electromagnéticas como su nombre lo dice (rayos UV, rayos

²<http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n>

gamma, rayos X). La radiación corpuscular es la radiación transmitida en forma de partículas subatómicas (partículas α , neutrones), las cuales se mueven rápidamente en un medio o el vacío, con transporte de energía.

2.2.3 Rayos X³

Los rayos X son una radiación electromagnética penetrante con una longitud de onda menor que la visible (10 nm hasta 0,001 nm - 1 nm o nanómetro equivale a 10^{-9} m). Los rayos x son de la misma naturaleza que las ondas de radio, las ondas de microondas, los rayos infrarrojos, etc.

Los rayos gamma y los rayos x aunque tienen efectos similares, los rayos gamma son radiaciones de origen nuclear que se producen por transiciones de energía en el interior de núcleos excitados, mientras que los rayos x se originan de fenómenos extra nucleares, la manera de producirlos es siempre que se bombardea un objeto material con electrones de alta velocidad.

2.2.4 Radiación Ionizante⁴

Este tipo de radiación es aquella que tiene la suficiente energía para lograr ionizar la materia, esto significa que extrae los electrones de su estado ligado al átomo. Este tipo de radiaciones puede provenir de sustancias radiactivas, las cuales las emiten de manera normal, o también pueden venir de generadores artificiales como los generadores de rayos X o también de aceleradores de partículas. Las radiaciones ionizantes interactúan con la materia viva, de lo cual se derivan diferentes efectos. Por esta razón, las radiaciones ionizantes son utilizadas en laboratorios para pruebas médicas o industriales, siendo la más común con aparatos de rayos X. En el ámbito médico se utiliza la gammagrafía o también existe la radioterapia.

³http://es.wikipedia.org/wiki/Rayos_X

⁴http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ionizante

2.2.5 Seguridad Radiactiva.

1) Dosímetros.

Un dosímetro es un instrumento de medición que nos da una lectura de la dosis absorbida en un contexto de protección radiológica.

Los dosímetros que no son de lectura directa o que pueden reiniciarse se suelen utilizar para lecturas oficiales para las personas que están siendo expuestas a radiaciones que se evalúan de forma regular.

La lectura de estos dosímetros se da en Roentgen, que es una unidad antigua con que se mide el efecto de las radiaciones ionizantes, de esta manera se puede cuantificar la exposición radiométrica que uno tiene.

2) Tipos de Dosímetros.⁵

- Dosímetro de pluma:

Los dosímetros de pluma pueden registrar radiación de rayos X y radiaciones gama así como radiaciones beta. La radiación recibida puede leerse a partir de la posición de un hilo metálico en una escala del dispositivo. El valor mostrado se puede reiniciar a cero con una nueva recarga. Son muy utilizados en el país por los radiólogos en el caso de realizar gammagrafías a juntas de soldadura en tubería.

- Dosímetro de película:

Este dosímetro tiene una película que se ennegrece en una placa con diferentes campos de filtro. Tras el desarrollo de la radiación se puede realizar la medición a partir de la comparación de negros con otras películas sometidas a diferentes radiaciones.

- Los dosímetros digitales:

⁵<http://es.wikipedia.org/wiki/Dos%C3%ADmetro>

Los dosímetros digitales sirven de sensores electrónicos y procesamiento de señales y muestra la dosis de radiación recibida en una pantalla, mayoritariamente en μSv (Sievert). La cual llegando a una cantidad específica emite un sonido.

2.2.6 Protección Radiológica.⁶

Hay 3 tipos de protección radiológica, los cuales son distancia, tiempo y blindaje.

- La Distancia: Es muy importante, ya que mientras más alejado se encuentre una persona del campo radiactivo, su intensidad disminuirá con el cuadrado de la distancia.
- El Blindaje: Poner pantallas protectoras (blindaje biológico) entre la fuente radiactiva y las personas. Por ejemplo, en las industrias nucleares, pantallas múltiples protegen a los trabajadores. Las pantallas utilizadas habitualmente son muros de hormigón, láminas de plomo o acero y cristales especiales enriquecidos con plomo;
- El Tiempo: Disminuir la duración de la exposición a las radiaciones.

2.2.7 Factores de Seguridad.⁷

La protección radiológica es muy importante ya que esta permite el aprovechamiento de la radiación, en todas sus formas conocidas, con un riesgo aceptable tanto para los individuos que la manejan como para la población en general y las generaciones futuras.

Debido a que la radiación es potencialmente dañina, no debería permitirse ninguna exposición innecesaria. El principio que gobierna la protección radiológica en caso de exposición se conoce con el nombre de ALARA (as low as reasonably

⁶http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica

⁷http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica

attainable) que se traduce como: tan poca radiación como sea posible lograr de modo razonable. Cada país cuenta con un organismo encargado de hacer cumplir la reglamentación existente en el área de seguridad radiológica.

2.3 LABORATORIO DE PATRONES SECUNDARIOS DE LA SUBSECRETARIA DE CONTROL, INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES DEL ECUADOR.

La SCIAN tiene sus instalaciones en la vía Aloag-Sto. Domingo, donde se encuentra el laboratorio de patrones secundarios del Ecuador, laboratorio que consta con equipos únicos en el país, bienes que fueron donados por el Organismo Internacional de Energía Atómica. En este laboratorio se realizan distintas pruebas que requieren de gran control y seguridad. Las empresa con personal que trabaja con equipos generadores y fuentes emisoras de radiación ionizante, necesariamente deben contar con una autorización para realizar su trabajo. Esta licencia avala su conocimiento sobre las medidas de protección personal y del entorno donde se desarrollan, cuando se utiliza equipos de Rayos X. En la SCIAN se emiten y renuevan 100 licencias personales (en promedio, al mes), para las empresas y trabajadores con fuentes de radiación ionizante.

2.3.1 Calibración de Patrones Dosimétricos.

El servicio que presta el Laboratorio de Patrones Secundarios del Ecuador, consta en un conjunto de actividades independientes, entre las cuales encontramos la calibración legal de los instrumentos de medición, irradiación de dosímetros con fines de calibración. Estas pruebas que se realizan en el laboratorio son sencillamente la comparación de los instrumentos de medición que pertenecen a los clientes con los patrones dosimétricos normalizados que se encuentran y pertenecen al Laboratorio de Patrones Secundarios del Ecuador.

2.3.2 Diagnóstico.

Las pruebas que se realizan con normalidad en el Laboratorio de Patrones Secundarios del Ecuador, se han visto afectadas con el deterioro de los equipos con el pasar de los años, así mismo, los usuarios han aumentado considerablemente, lo que ha dado un incremento en la demanda de la

calibración de los instrumentos de medición. Aquí es donde se presenta el problema, ya que el tiempo que se toma en realizar es demasiado lento, debido a que para cada punto donde se necesita realizar la radioterapia toma demasiado tiempo en ubicar el instrumento de medición en dicho punto, ya que se debe manualmente ubicar el dosímetro en la posición mencionada, y luego reiniciar el proceso. A cada instrumento de medición se le realiza una comparación con valores conocidos en un haz de radiación. El hecho de tener que ubicar manualmente en instrumento de medición, hace que este proceso sea poco preciso y el hacerlo tome mucho tiempo.

2.3.3 Sistema Propuesto

La solución propuesta es de diseñar un sistema semi automático, que garantice la reproducibilidad de las pruebas realizadas en este laboratorio, así siendo con la mejora de los equipos pertenecientes a la SCIAN, o un nuevo diseño, pero asegurando que este sistema va a presentar las facilidades para la ubicación de los instrumentos de medición, así mismo con una precisión de una décima de milímetro y que brinde la seguridad necesaria para un continuo proceso.

2.4 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.

2.4.1 Controlador Lógico Programable.

Los controladores lógicos programables son maquinas secuenciales que ejecutan las instrucciones indicadas en el programa de usuario guardado en su memoria. De esta manera con un PLC podemos programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, es posible encontrar este tipo de equipos en ambientes industriales.

Con un PLC se puede automatizar de manera rápida ya que estos dispositivos electrónicos reproducen programas informáticos, con lo que podemos controlar procesos.

- **Funciones.**

La función principal que un PLC debe cumplir es la de controlar y para esto es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. La información llega a un captador para luego ser implementada por el programa lógico interno mediante los accionadores de la instalación. Los ejemplos de donde se puede utilizar un controlador lógico programable es en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control. Dentro de las funciones que un PLC puede cumplir se encuentran operaciones como las de detección y de mando, en las que se elaboran y envían datos de acción a los pre-accionadores y accionadores. La más importante función a cumplir es la de programar, para luego introducir, crear y modificar las aplicaciones del programa.

- **Las ventajas de los controladores lógicos.**⁸

Una automatización relativamente económica.

Una complejidad relativamente sencilla.

Permite la grabación, copia e impresión de programas, ya sea desde un PC o desde los módulos de memoria.

Disponen salida a un relé con una gran capacidad de corte.

El mantenimiento es nulo.

Protección del programa de usuario.

- **La constitución de un controlador lógico.**⁹

Los controladores lógicos, tratados como elementos principales y de una manera sencilla para vista del usuario, están compuestos de:

⁸Manuel Álvarez Pulido; Controladores Lógicos; Capítulo 1, Los controladores lógicos

⁹Manuel Álvarez Pulido; Controladores Lógicos; Capítulo 1, Los controladores lógicos

Fuente de alimentación.

Unidad de operación y visualización.

Entradas y Salidas.

CPU.

Interfaz para la conexión a PC y módulos de programa.

- **Conexiones.**¹⁰

Las conexiones que deben realizar los usuarios son:

- La alimentación.
- Las entradas.
- Las salidas.

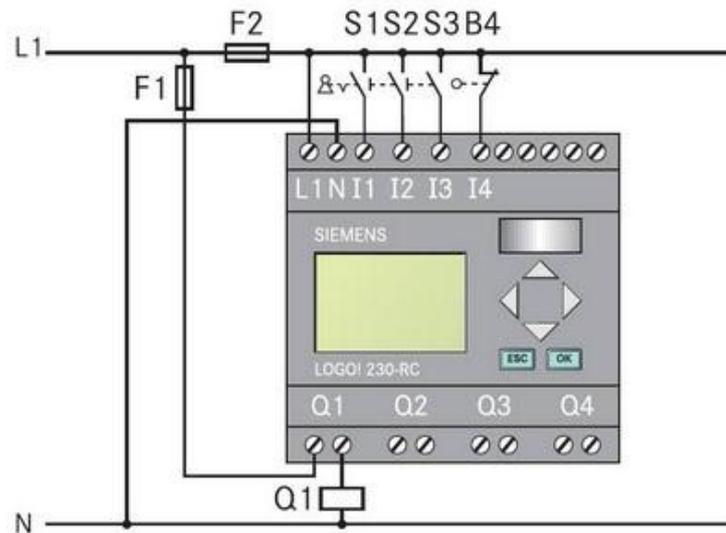


Figura 2.1: Conexiones¹¹

¹⁰Manuel Álvarez Pulido; Controladores Lógicos; Capítulo 1, Los controladores lógicos

¹¹[http://3.bp.blogspot.com/-](http://3.bp.blogspot.com/-OKrED7vF9DE/Tbd081We91I/AAAAAAAAABvc/SBzZhDGsfQY/s400/ConexionesLOGO_transporte%2Bpallet.JPG)

[OKrED7vF9DE/Tbd081We91I/AAAAAAAAABvc/SBzZhDGsfQY/s400/ConexionesLOGO_transporte%2Bpallet.JPG](http://3.bp.blogspot.com/-OKrED7vF9DE/Tbd081We91I/AAAAAAAAABvc/SBzZhDGsfQY/s400/ConexionesLOGO_transporte%2Bpallet.JPG)

Las entradas mediante el interfaz, adaptan las señales procedentes de dispositivos, de la misma manera las salidas, decodifican estas señales y manda a actuadores, lámparas, etc.

- **Entradas y Salidas Digitales:** ¹²

Las estradas y salidas digitales trabajan con señales de tensión, y solo interpretan como “1” y “0” lo cual permite para encendidos y apagados de lámparas, pantallas, etc. Estos son valores binarios que permiten abrir o cerrar un relé.

- **Entradas y Salidas Analógicas:** ¹³

Las entradas y salidas analógicas permiten que se lean señales de tipo de análogas, se reciben datos enteros con lo cual se puede dar la temperatura, la posición, el caudal, etc. Estos módulos de entrada y salida analógicas depositan en una variable con los cuales se entrega y lee el valor que se ha ingresado.

- **Funciones Básicas en los Controladores Lógicos.** ¹⁴

Entre las funciones básicas encontramos:

- La función Y (and)

¹²http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion_de_es.htm

¹³http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20DE%20ES/seccion_de_es.htm

¹⁴Manuel Álvarez Pulido; Controladores Lógicos; Capítulo 2, Funciones específicas en los controladores lógicos

Se denomina la función and cuando al activar todas las entradas se activa la salida.

La tabla de la verdad muestra los diferentes estados que se puede tomar.

Tabla 2.1: función Y (and)

ENTRADAS			SALIDAS
I1	I2	I3	Q1
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

- La función O (or)

Se llama función or cuando al activar cualquiera de las entradas se activa la salida.

La tabla de la verdad muestra los diferentes estados que se puede tomar.

Tabla 2.2: función O (or)

ENTRADAS			SALIDAS
I1	I2	I3	Q1
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

- La función Inverso (not)

Esta función permite convertir una entrada, que esta cerrada a una abierta, o viceversa.

En lógica cableada, para obtener esta función, se tiene que utilizar un relé, tal y como aparece en la figura.

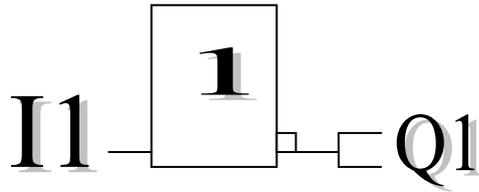


Figura 2.2: Representación de una función NOT en controladores lógicos

La tabla de la verdad muestra los diferentes estados que se puede tomar.

Tabla 2.3: función Inverso (not)

I1	Q1
0	1
1	0

- La función Y Negada (nand)

En la función nand la salida es 1 siempre que no estén accionadas al mismo tiempo todas las entradas.

La tabla de la verdad muestra los diferentes estados que se puede tomar.

Tabla 2.4: función Y Negada (nand)

ENTRADAS			SALIDAS
I1	I2	I3	Q1
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

- La función O Negado (nor)

En la función nor la salida es 1, siempre y cuando no se encuentre accionada alguna de sus entradas.

La tabla de la verdad muestra los diferentes estados que se puede tomar.

Tabla 2.5: función O Negado (nor)

ENTRADAS			SALIDAS
I1	I2	I3	Q1
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

- La función O Exclusivo (xor)

Para comprender las características de la función xor, se debe observar la tabla de la verdad de la misma.

La salida se activa cuando las dos entradas tienen estados diferentes.

Tabla 2.6: función O Exclusivo (xor)

TABLA DE LA VERDAD

I1	I2	Q1
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

2.4.2 Sensor final de carrera.¹⁵

Otro dispositivo muy importante dentro de los componentes electrónicos a utilizar, son los sensores de final de carrera. Estos dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, tienen como objetivo el enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

¹⁵http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera

El material con el que son fabricados estos finales de carrera varía y pueden ser de metal, plástico o fibra de vidrio.

- Descripción

Los finales de carrera siempre vienen formados por dos partes que son un cuerpo y una cabeza. El cuerpo es en donde se encuentran los contactos y la cabeza es la que detecta el movimiento.

Existen varios usos que se les puede dar a estos dispositivos, pero principalmente los vamos a encontrar en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo.

- Funcionamiento

El funcionamiento de estos dispositivos no es muy complejo, ya que estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento, uno en modo positivo y otro en modo negativo.

Cuando se encuentra en positivo el sensor se activa ya que el elemento a controlar tiene un peso que hace que el eje se eleve, una vez sucedido esto se puede conectar el contacto móvil con el contacto NC. Una vez que el muelle se rompe el sensor se queda desconectado.

Cuando se encuentra en modo negativo, este trabaja de modo inverso al positivo, debido a que el elemento controlado tiene un saliente para que este empuje el eje hacia abajo, de esta manera se puede forzar el resorte de copa y esto hace que se cierre el circuito de manera instantánea. Y así sabemos que si el muelle presenta una falla o llega a romperse, este permanece activado.

2.4.3 Sistemas de control de movimiento programable.¹⁶

Estos sistemas de control de movimiento programable son utilizados en muchos sistemas mecánicos donde se necesita implementar un movimiento controlado por computadora. Un manipulador robótico, una máquina de ensamble, una máquina CNC, una mesa XYZ, y los sistemas de control de equipo de construcción son algunos de los varios ejemplos que existen de los sistemas de control de movimiento programable. Los sistemas de control de movimiento programable son excelentes ejemplos de sistemas mecatrónicos (configurables), debido a que utilizan un sistema mecánico, varios actuadores y sensores, y control por computadora.

Las aplicaciones de automatización en las fábricas se pueden utilizar varios PLC y controladores de movimiento programable para así tener un control de todo el proceso. Los PLC manejan la entrada/salida de propósito general y actúan como el controlador supervisor de alto nivel con relación a los controladores locales de bajo nivel. Los controladores de movimiento programable manejan los aspectos de control del movimiento coordinado de alto desempeño de estaciones individuales y se comunican con los PLC. En sistemas automatizados pequeños (como en un pequeño movimiento entre una estación de carga), un controlador autónomo de movimiento programable puede tener capacidad de entrada/salida suficiente de tal manera que para el control de la máquina se pueda manejar por él sin el uso de un PLC.

Para cada sistema de control de movimiento programable se deben tener los siguientes componentes:

- 1) Controlador.
- 2) Actuadores (servomotor, amplificador, fuente de potencia).

¹⁶Mecatrónica, Sabri Cetinkunt, Capítulo 10, Sistemas de control de movimiento programable.

- 3) Sensores (codificadores, tacómetros, sensores de voltaje, fin de carrera, etcétera).
- 4) Mecanismos de transmisión de movimiento (engranes, tornillos de avance, banda polea).
- 5) Dispositivos de interfaz del operador (también conocido interfaz humano-máquina (HMI)).

2.5 ELEMENTOS ELECTROMECAÓNICOS.

2.5.1 Servo Motores.¹⁷

Un servomotor es un dispositivo similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Este dispositivo tiene un eje de rendimiento controlado ya que puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal codificada. Una vez que el servomotor tenga una señal codificada en la línea de entrada, este mantendrá la posición angular del engranaje. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos. Un servo normal o Standard tiene 3kg por cm. de torque que es bastante fuerte para su tamaño. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, no consume mucha energía.

Aunque la corriente que consume un servomotor viene de fábrica, esta depende muchos de su tamaño.

¹⁷<http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

1) PARTES DE UN SERVO MOTOR

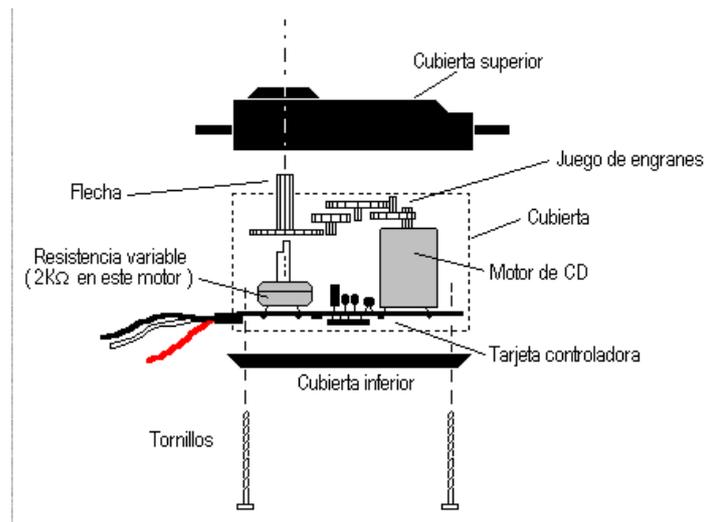


Figura 2.3: Partes de un servo motor. ¹⁸

2) Tipos de Servomotores:

Actuador eléctrico lineal de husillo de bolas con servomotor DC

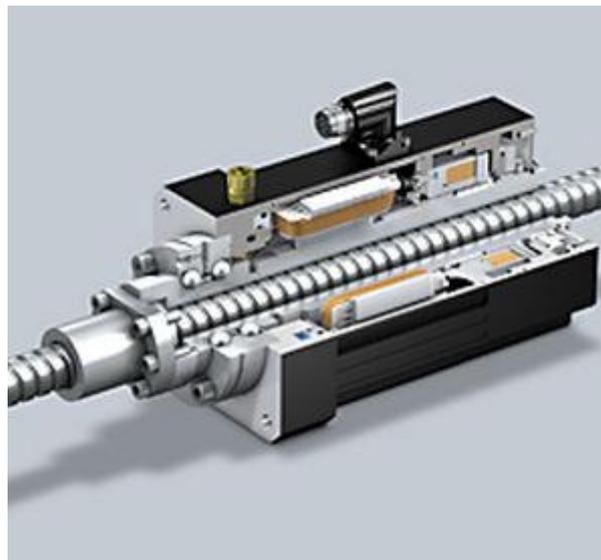


Figura 2.4: Servo motor de husillo con bolas. ¹⁹

¹⁸<http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores.shtml>

¹⁹<http://www.directindustry.es/>

Servomotor de piñón cremallera.

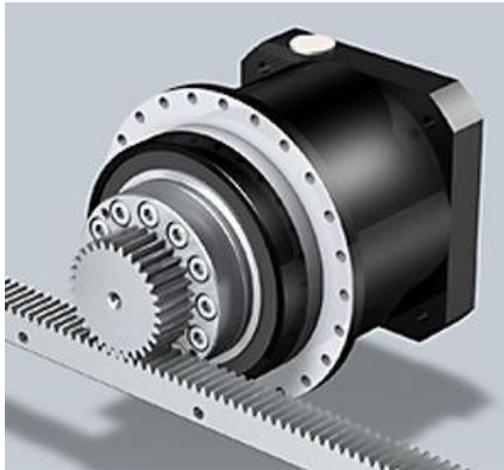


Figura 2.5: Servo motor de piñón cremallera.²⁰

2.6 ELEMENTOS MECÁNICOS.

2.6.1 Materiales de ingeniería.

1) Generalidades.

Se conoce que al tratar con radiación se tiene varios efectos como la ionización, excitación, desplazamiento atómico y cambios químicos en los materiales.

Entonces al trabajar con radiación, el material expuesto se verá afectado en sus propiedades, la cual también depende de varios factores como cantidad y tipo de radiación, energía, rapidez con que se suministra y el tipo de material.

En casos como los reactores nucleares, el daño que la radiación produce en los componentes del reactor puede ser considerable y producir un deterioro rápido. Entonces se procura usar materiales resistentes a ese daño, para aumentar así la vida útil del reactor. Sin embargo, en muchos otros casos se ha logrado el aprovechamiento de la radiación para producir efectos útiles. Algunos

²⁰<http://www.directindustry.es/>

ejemplos son la esterilización de productos médicos y la preservación de alimentos.

2) Propiedades del Material.

Para el material del aluminio que ha sido considerado para tratar, se tienen las diferentes características:

- El aluminio es un material ligero y altamente estable: ya que su densidad es tan solo de 2.6 a 2.8 g./cm² lo convierte en un material que es la tercera parte de la densidad del acero, pero no viendo afectada su resistencia a pesar de tener un peso inferior.
- El aluminio es resistente a los impactos y altamente estable: tiene un gran absorción de la energía de impacto mediante la deformación, viéndose así alterada su superficie con golpes o hundimientos.
- El aluminio es resistente, a su vez, a oscilaciones extremas de temperatura: con un bajo punto de fusión (660 °C).
- El aluminio es resistente a la corrosión y auto protector: reacciona con el oxígeno de la atmósfera formando con rapidez una fina capa de óxido que recubre el material, aislándolo de corrosiones.
- El aluminio es limpio: su superficie lisa puede ser limpiada de manera rápida.
- El aluminio es electro conductor: este material es un buen conductor de calor y electricidad.
- El aluminio es impermeable: la humedad no puede penetrar a través del material, aun expuesto a un largo tiempo.
- El aluminio es íntegramente reciclable: el aluminio después de cumplir su función, puede ser fundido y ser reutilizado.
- El aluminio es resistente a la radiación ionizante y la radiación ultravioleta: la exposición a la radiación ionizante y la radiación ultravioleta no afectan de manera alguna a este material.
- El aluminio puede procesarse de numerosas formas: es un material al cual se le puede aplicar todos los procedimientos comunes de mecanizado como el soldado, moldeado, etc.

2.6.2 Perfiles Metálicos.

Existen perfiles metálicos, los cuales son laminados justamente para ser utilizados en estructuras o máquinas. Existen varios tipos de perfiles metálicos pero para el diseño de nuestra bancada utilizaremos perfiles de aluminio especiales para este tipo de máquina.

- Perfiles de Aluminio para Máquinas.

Estos perfiles de aluminio son especiales para la construcción de máquinas, ya que estos perfiles extruidos con ranuras en formas especiales para dar mayor rigidez. Estos perfiles tienen estándares de alta calidad ya que son fabricados usando una misma norma.

La construcción o ensamblaje de nuevas máquinas es más rápida y simple al utilizar estos perfiles de aluminio. Una vez terminada la máquina se obtiene una estructura durable, fuerte y ligera que es funcional y estética. Estos perfiles de aluminio extruidos de alta solidez son resistentes a la corrosión y a las ralladuras.



Figura 2.6: Perfiles Especiales.²¹

²¹<http://img.clasf.mx/2012/05/21/Perfil-estructural-de-aluminio-Moas-compatible-con-IPSBosc-20120521184751.jpg>

2.6.3 Mecanismos de Transmisión de Movimiento Rotatorio a Movimiento de Traslación²².

Al movimiento de traslación también se le refiere como movimiento lineal. La entrada de par de torsión se convierte en una fuerza en la salida. Se debe observar que todos los mecanismos de transmisión de movimiento rotatorio a movimiento de traslación que se van a enunciar también funcionan en reversa, lo que significa que también se hacen la conversión en la dirección inversa.

1) Mecanismo de Tornillo de avance y de tornillo de bolas²³.

Los mecanismos de tornillo de avance y de tornillo de bolas son los mecanismos de conversión de movimiento de precisión. El tornillo de avance es básicamente un tornillo roscado con precisión y una tuerca. En una pareja de un tornillo y una tuerca, generalmente se gira la tuerca y ésta avanza en forma lineal sobre el tornillo estacionario. En el tornillo de avance, que es usado como un mecanismo de conversión de movimiento, no se permite que la tuerca gire alrededor del tornillo, si no que está soportado por cojinetes lineales que se mueven. El tornillo gira debido a un Servomotor. Como no se permite que el tornillo se mueva y sólo puede girar, la tuerca hace un movimiento de traslación a lo largo del tornillo. La herramienta se conecta a la tuerca. De aquí que el movimiento rotatorio del servomotor conectado al tornillo se convierten el movimiento de traslación de la tuerca y la herramienta.

²²Mecatrónica, Sabri Cetinkunt, Capítulo 3, Mecanismos para la transmisión de movimiento.

²³Mecatrónica, Sabri Cetinkunt, Capítulo 3, Mecanismos para la transmisión de movimiento.



Figura 2.7: Tornillo de bolas²⁴

El diseño de tornillo de bolas, se han maquinado bolas esféricas con alta precisión en entre las rocas del tornillo y la tuerca para reducir el juego y la fricción en el mecanismo de transmisión del movimiento. Todo tipo de tornillo de avance tiene un juego finito por lo común en el orden de un rango de un micrómetro. Se emplean resortes precargados en un conjunto de bolas esféricas de tipo cojinete para reducir el juego. De aquí que se denominen tornillos de bolas. En la mayoría de los dispositivos de posicionamiento tipo bancada XYZ se emplean tornillos de bolas en lugar de tornillos de avance. Sin embargo, la capacidad de transporte de carga de los tornillos de bolas es menor con respecto a los de tornillo de avance debido a que el contacto que existe entre las partes móviles (regulador y tuerca), es proporcionado por los puntos de contacto de bolas. Por una aspecto muy importante es que un tornillo de bolas tiene menos fricción que un tornillo de avance.

²⁴<http://www.giis.com.ar/distribucion/03CONTROL%20DE%20MOVIMIENTO/TORNILLO%20DE%20BOLAS.jpg>

2) Mecanismos de Cremallera Piñón²⁵.

Este tipo de mecanismo de cremallera piñón se caracteriza por ser un mecanismo alterno de conversión de movimientos rotatorio a lineal. El piñón es el engrane pequeño. La cremallera es el componente traslacional lineal. El mecanismo de cremallera piñón es muy parecido a un mecanismo de engranes donde uno de los engranes es un engrane lineal. La razón efectiva de engranes se calcula o se mide a partir de que no hay deslizamiento entre los engranes.

Las mismas relaciones de la reflexión de la masa y la fuerza que se desarrollaron para tornillo de avance se aplican para los mecanismos de cremallera piñón. La única diferencia es la razón efectiva de engranes.

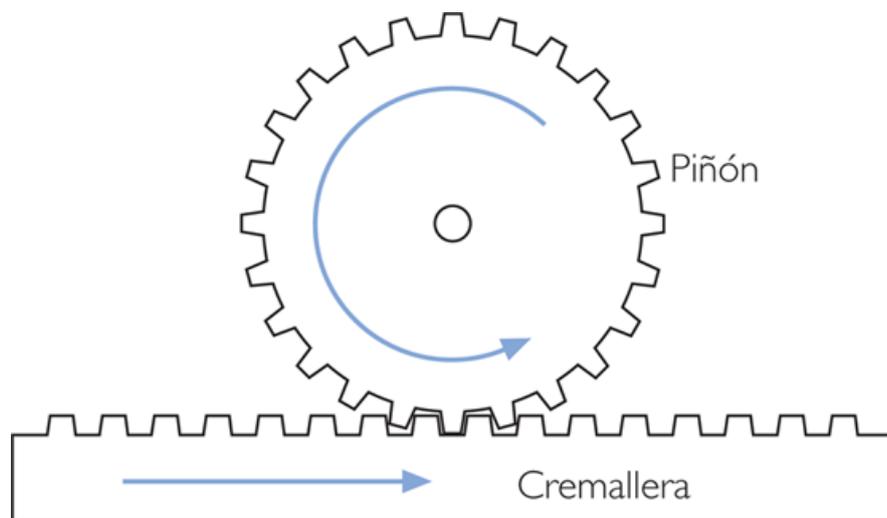


Figura 2.8: Mecanismo de cremallera piñón²⁶

La ventaja del mecanismo de cremallera piñón sobre el mecanismo de avance es que el rango de movimiento traslacional puede ser muy grande. La longitud del tornillo de avance está limitada por la rigidez torsional. En un

²⁵Mecatrónica, Sabri Cetinkunt, Capítulo 3, Mecanismos para la transmisión de movimiento.

²⁶http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822klpington_59.Ges.SCO.png

mecanismo de cremallera piñón, como la parte traslacional no gira no tiene problema de rigidez torsional reducida debido a la longitud larga.

3) Banda y Polea²⁷.

La banda y polea es un mecanismo muy conocido y común en varias aplicaciones debido a ser un mecanismo económico y eficiente. La banda y polea se emplean como mecanismos de conversión tanto de movimiento rotatorio a rotatorio como de rotatorio a lineal, dependiendo del punto de salida de interés. Si la herramienta utilizada está conectada a la banda y se emplea para obtener movimiento lineal.

Las relaciones que se desarrollaron para un mecanismo de cremallera y piñón se aplican aquí en forma idéntica. Este mecanismo se emplea en gran medida en aplicaciones de inercia baja, carga baja y ancho de banda alto, como en las máquinas a bobinar.

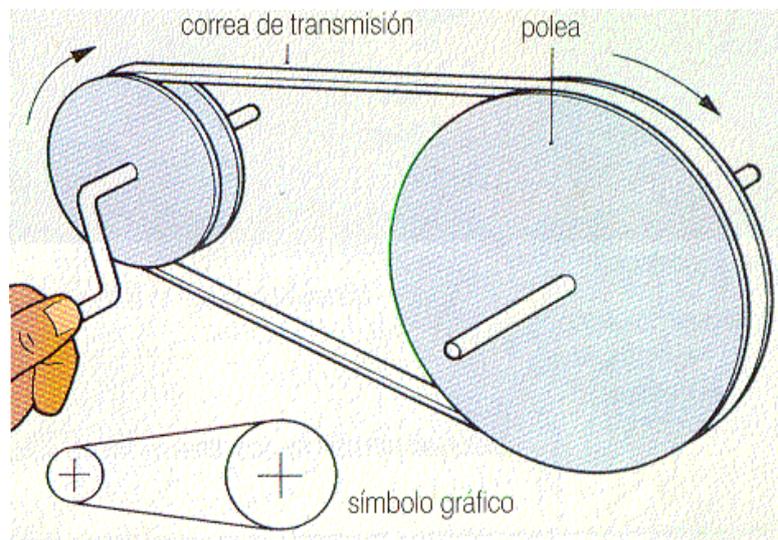


Figura 2.9: Mecanismo de banda y polea²⁸

²⁷Mecatrónica, Sabri Cetinkunt, Capítulo 3, Mecanismos para la transmisión de movimiento.

2.6.4 Guías Lineales²⁹.

Los tipos de guías deslizantes de movimiento lineal están compuestos por una gama de componentes para maquinaria indispensables para reducir la fricción del movimiento lineal en los mecanismos de posicionamiento de la maquinaria.

Las guías lineales permiten gran precisión, velocidad y potencial de ahorro de mano de obra de los instrumentos mecánicos y electrónicos.

Con las guías lineales las máquinas herramientas y los robots industriales pueden realizar operaciones de elevada precisión y los dispositivos de fabricación de semiconductores pueden funcionar en unidades de submicras.



Figura 2.10: Guías Lineales³⁰

²⁸<http://www.areatecnologia.com/EJERCICIOS%20DE%20AUTOEVALUACION%20TECNOLOGIAS%20POTATOES/imagenes%20para%20mecanismos%20de%20primer/sistema%20de%20poleas.gif>

²⁹<http://www.thk.com/?q=mexico/node/7460>

2.6.5 Chumaceras³¹

Las chumaceras son la combinación de un rodamiento radial de bolas y una caja o revestimiento portable de hierro colado de alto grado. Las chumaceras son dispositivos que generalmente están ubicados entre dos piezas, y su función es permitir el giro relativo entre estas dos piezas o elementos.



Figura 2.11: Acople de junta dentada³².

2.6.6 Reductor o Motorreductor³³.

Los reductores o motorreductores son elementos mecánicos apropiados para el accionamiento de maquinas industriales, donde se necesita reducir la velocidad de una manera eficiente, constante y segura.

³⁰http://www.thk.com/sites/default/files/thkcom/images/ja/company/caged_ball_imguide_c.png

³¹http://www.ntsudamericana.com/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=107

³²<http://www.ntsudamericana.com/images/stories/ntn/productos/chumaceras/puente.jpg>

³³<http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf>

Reductores de engranajes cilíndricos con motor eléctrico trifásico es el motorreductor más utilizado para transportar con un sistema por cadena. Se utiliza también para sistemas de transporte con tornillo sinfín, especialmente en sistemas de largas distancias.



Figura 2.12: Reductor o Motorreductor. ³⁴

³⁴http://img.directindustry.es/images_di/press-m2/motorreductores-para-industria-avicola-P347033.jpg

CAPITULO III: ESTUDIO Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Este capítulo, trata de las soluciones propuesta para los problemas encontrados en el Laboratorio de Patrones Secundarios del Ecuador, aquí analizaremos cuales son las mejoras y como se beneficiará el desarrollo de las pruebas de calibración dosimétrica que a diario se desarrollan. Para cada solución se encontrará un diseño propuesto que mediante varios factores se calificará. Estos factores tienen previamente su estudio y para cada uno existe un grado de importancia, este grado de importancia está dado por las necesidades y exigencias que tiene la (SCIAN) y una vez terminado se comenzará con el desarrollo que pondrá a valer todas estas ideas y necesidades.

3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS³⁵

En el estudio de las alternativas consiste en reducir la incertidumbre y mejorar la calidad de la información. Se busca seleccionar la alternativa más óptima.

A continuación se van a profundizar los estudios de mercado, socioeconómico, financiero y características de materiales. Para esto se debe realizar un estudio homogéneo de cada alternativa, evitando concentrarse en la alternativa que se piense que es mejor.

Con base en los diversos estudios, se llevará a cabo una evaluación donde se analizará cuál es la alternativa más idónea.

³⁵<http://todosobreproyectos.blogspot.com/2009/03/prefactibilidad-estudio-de-alternativas.html>

3.1.1 Precisión³⁶

La precisión es la cualidad de un instrumento por la cual tiende a dar lecturas muy próximas unas a otras, es decir, es el grado de dispersión de las mismas.

Los instrumentos de medida están diseñados para ser precisos, pero periódicamente estos se des calibran por lo cual deben reajustarse para que sean precisos.

3.1.2 Seguridad³⁷

Los equipos y máquinas presentan elementos mecánicos que pueden ocasionar accidentes el momento de trabajar con los mismo.

Para esto, cada equipo y máquina debe tener la debida protección, así como cubrir con protectores los elementos mecánicos que puedan ocasionar accidentes, además que establecer indicaciones de uso y peligro, también utilizar códigos de colores para señalar riesgos físicos.

3.1.3 Corrosión

La corrosión a la que se verán expuestos los elementos en estas pruebas a realizarse son los rayos gamma, así que debido a esto se debe seleccionar materiales que no se vean afectados y se deterioren, ya que en la ingeniería la corrosión es considerada como un proceso destructivo y representa una considerable pérdida económica.

³⁶Antonio Creus Sole; Instrumentación Industrial; 7ma Edición; Capítulo 1, Generalidades

³⁷Seguridad Industrial de Grimaldi-Simonds 2^{da} Edición; pág. 341

3.1.4 Mantenimiento³⁸

El mantenimiento de máquinas es la herramienta que sirve para maximizar la vida útil de estas, asegurando y evitando avería en los diferentes equipos.

Las 3 reglas del mantenimiento son:

- Mantener las instalaciones y el equipo a estándares aceptables de rendimiento operativo y confiabilidad.
- Optimizar la efectividad de la inversión en mantenimiento, mediante análisis de costo y planificación de vida útil.
- Maximizar la vida útil de los bienes de la empresa, productividad y eficiencia mediante planes pro-activos de planificación de mantenimiento y programación de recursos y control.

3.1.5 Costos

El costo es el gasto económico que representa la fabricación del proyecto. Este proyecto al contar con varios elementos se debe hacer un análisis detallado de los materiales y mano de obra a utilizar, además de que cada alternativa a utilizar va a representar un gran incremento en su valor.

Siendo un mecanismo de alta precisión se requiere la utilización de elementos de alta calidad lo que en si elevaría el costo pero bajaría el factor de importancia de este.

3.1.6 Facilidad de uso

La facilidad en el uso de los equipos está un buen desarrollo de una determinada práctica de laboratorio y un buen manual de funcionamiento, ya que por lo general siempre se encuentra con dispositivos y simbología complicados con lo que los estudiantes presentan cierto tipo de temor y desconfianza en el momento de manipular los equipos.

³⁸<http://elmantenimientogeneral.blogspot.com/>

Hay que tener mucha precaución con la seguridad del operario, para que tenga toda facilidad del uso del mecanismo y no tenga ningún tipo de peligro durante su operación.

Además se debe tener estandarizado los pasos a seguir para en uso correcto de los equipos.

3.1.7 Vida Útil

La vida útil de un equipo está representada en las horas de duración cumpliendo correctamente la función para la que ha sido creado.

La vida útil de un equipo está relacionada también con el mantenimiento seguido que le hace a este y también con la calidad de los materiales que lo conforman.

3.1.8 Forma y Tamaño

Un aspecto muy importante es la forma y presentación del mecanismo, debido a los materiales a utilizar, también implican el peso y tamaño que va a tener, puesto a que el espacio donde se ubicara no es muy amplio y esta se debe adaptar al lugar de trabajo.

Debido a la forma y tamaño se puede determinar la facilidad para la movilidad del operario dentro del lugar de trabajo, donde es necesario un espacio de circulación suficiente para realizar los ensayos requeridos.

3.1.9 Montaje

El montaje del mecanismo es muy importante, y es donde se puede apreciar la importancia del peso, ya que no es fácil el montaje de un mecanismo en un espacio pequeño y con un peso exagerado.

Para el montaje se debe tener una facilidad para ajustar y realizar el cambio de elemento o mantenimiento que este mecanismo requiera.

3.1.10 Control

Este aspecto es uno de los más importantes, ya que el control del mecanismo debe ser sencillo y eficiente para la persona a manipularlo.

Debido a que este mecanismo va a ser automatizado se debe conocer, al mayor detalle posible las características, parámetros de funcionamiento, las distintas funciones operativas a ejecutar de la máquina.

3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En una toma de alternativas, la experiencia, intuición y juicio son todavía ingredientes predominantes. Para la selección de alternativas que vamos a realizar se va a preparar una matriz de selección donde se procede a tomar en cuenta algunos parámetros, unos más importantes que otros con su respectivo valor en porcentaje.

Se ha tomado en cuenta para este proyecto un análisis sobre el diseño estructural y otro análisis sobre en mecanismo de transmisión de movimiento.

3.2.1 Análisis de diseño estructural

3.2.1.1 Alternativa 1

La primera alternativa que tenemos es la automatización de la bancada actual que se encuentra ubicada en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaria de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador.



Figura 3.1: Mesa de Pruebas

- Estructura soporte: Estructura metálica recubierta con pintura anticorrosiva.
- Mecanismo de movimiento: Sistema de tornillo sin fin y dos rieles a los lados de la mesa.
- Motor: Motor monofásico de 3 HP. Y dos servomotores de 750 W.
- Control: Control de los ejes XYZ con poca precisión.

3.2.1.2 Alternativa 2

La segunda alternativa haciendo un análisis del diseño estructural, es una nueva bancada XYZ con perfiles de aluminio para así reducir considerablemente su peso. Un sistema automatizado mediante el uso de PLC's el cuál beneficiará las pruebas a realizar en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaria de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador.

La opción de utilizar un PLC trae favorables beneficios los cuales son necesarios y ayudan a cumplir las exigencias de las pruebas a realizar como un control más preciso, una mayor rapidez de respuesta, la facilidad para cambiar la programación sin tener que cambiar el cableado, seguridad en el proceso con reducción del espacio que emplea y conlleva poco mantenimiento.

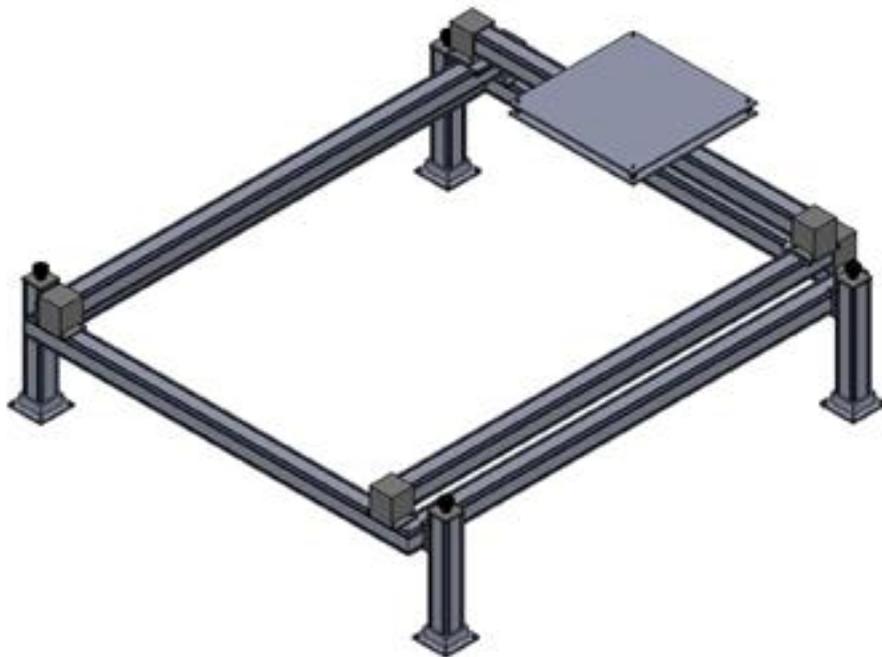


Figura 3.2: Bancada XYZ perfiles de aluminio

- Estructura soporte: Perfiles especiales de aluminio resistentes a los rayos gamma.
- Mecanismo de movimiento: Sistema de traslación por medio de los perfiles.
- Motor: Servomotores de 500W.
- Control: Control computarizado de los ejes XYZ con alta precisión.

3.2.2 Matriz de selección

Tabla 3.1: Matriz de Selección análisis de diseño estructural

PARÁMETRO	TERNATIVA Nº 1	Calif.	Fact. Imp.	Sub. Tot.	TERNATIVA Nº 2	Calif.	Fact. Imp.	Sub. Tot.
SEGURIDAD	Baja por elementos pesados	4	5	20	Alta por elementos pequeños	7	5	35
PRECISIÓN	Baja por elementos pesados	4	5	20	Alta por elementos de alta precisión	9	5	45
MANTENIMIENTO	De fácil mantenimiento	8	4	32	De fácil mantenimiento	8	4	32
CONTROL	Fácil control para movimientos	8	4	32	Media por el control computarizado	6	4	24
CORROSIÓN	Buena por pintura anticorrosiva	8	4	32	Buena por aluminio resistente	6	4	24
VIDA ÚTIL	Media por mesa usada	5	4	20	Alta por elementos nuevos	7	4	28
FACILIDADES DE USO	Baja por elementos imprecisos y desnivelados.	3	3	9	Alta por materiales ligeros	7	3	21
COSTOS	Bajo por contar ya con la mesa	8	2	16	Alto por perfiles especiales	2	2	4

FORMA Y TAMAÑO	Bajo por ser muy grande	4	2	8	Alto por tamaño adaptado al lugar	7	2	14
MONTAJE	Medio por elementos pesados	5	1	5	Alto por elementos compatibles	7	1	7
TOTAL				194				234

Por la alta calificación de la segunda alternativa, se opta por diseñar una nueva bancada XYZ con perfiles especiales de aluminio para las pruebas a realizarse en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador.

3.2.3 Análisis del mecanismo de transmisión de movimiento

Para el siguiente análisis se tomarán en cuenta solo los movimientos de transmisión que han sido discutidos para la realización de esta nueva bancada XYZ.

3.2.3.1 Mecanismo de tornillo de bolas

El mecanismo de tornillo de bolas es un mecanismo de movimiento de precisión, debido a que tiene básicamente un tornillo roscado con precisión y una tuerca.

- Precisión: Alta precisión para pruebas de exactitud.
- Mantenimiento: Fácil mantenimiento.
- Montaje: Presenta gran facilidad para su acople.
- Costo: Costo elevado.

3.2.3.2 Mecanismo de banda y polea

El mecanismo de banda y polea es el mecanismo más común dentro de estas aplicaciones por su eficiencia y bajo costo.

- Precisión: Presenta precisión para pruebas básicas.

- Mantenimiento: Mantenimiento normal.
- Montaje: Presenta facilidad para su acople.
- Costo: Costo económico.

3.2.4 Matriz de selección

Tabla 3.2: Matriz de Selección análisis del mecanismo de transmisión de movimiento

PARÁMETRO	TORNILLO DE BOLAS	Calif.	Fact. Imp.	Sub. Tot.	BANDA POLEA	Calif.	Fact. Imp.	Sub. Tot.
PRESICIÓN	Muy alta por tornillo roscado de precisión	10	5	50	Buena precisión	6	5	30
MANTENIMIENTO	De fácil mantenimiento	8	4	32	De fácil mantenimiento	8	4	32
MONTAJE	Fácil acople	6	1	6	Fácil acople	6	1	6
COSTOS	Alto costo	2	2	4	Económico	8	2	16
TOTAL				92				84

Aunque la diferencia en la calificación es pequeña y debido a las exigencias de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador sobre la precisión que debe tener la bancada XYZ para las pruebas a realizar, se opta por el diseño con un mecanismo de transmisión de movimiento de tornillo de bolas aunque el costo de este se vea elevado. Así que ya teniendo muy clara que alternativa vamos a utilizar podemos comenzar con el diseño del proyecto.

CAPITULO IV: DISEÑO

En el capítulo de diseño se desarrollará la selección de elementos para la construcción de la bancada XYZ. En capítulos se ha expuesto varias ideas y se ha seleccionado la más idónea, ahora se comienza con el estudio de las cargas que se aplicarían en la pruebas a realizar, de esta manera se probará que elementos cumplen con las especificaciones necesarias.

4.1 MEDIDAS DE LA BANCADA

Para comenzar con el diseño de la bancada, primeramente se comenzó con la toma de medidas que tiene el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaria de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador. De esta manera se conoce la ubicación y la capacidad máxima de movimiento que tendrá en cada eje la bancada. En el equipo que se muestra (figura 4.1), se observa el laboratorio donde se realizan las pruebas.



Figura 4.1: Cuarto donde se ubicara la bancada.

Luego de tomar las medidas, se comenzó con hacer un diseño del colimador (figura 4.2), que se encuentra en el cuarto donde se ubicara la nueva bancada, y que nos sirve de referencia para conocer la altura a la cual se necesita que llegue la mesa principal de la bancada. El colimador es el equipo que contiene la fuente de radiación, el cual libera el haz de radiación para las pruebas a realizar.



Figura 4.2: Colimador

Una vez terminado el diseño del colimador, se puede diseñar el modelo de una nueva bancada con movimiento XYZ, y que cumpla con las exigencias de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador.

Tomando como medida principal la altura de la mesa principal del colimador que debía coincidir con la mesa principal de la bancada donde se ubicará el fantoma (figura 4.3), para las pruebas a realizarse. El fantoma es un cubo con paredes de plástico, el cual se rellena con agua y dentro de este se coloca el dosímetro, y se lo posiciona en el punto donde llegará el haz de radiación.



Figura 4.3: Phantoma

Después de haber diseñado un bosquejo de la bancada xyz, se procede a realizar el estudio de cargas con el programa SimulationXpress de SolidWorks 2010 para obtener resultados de esfuerzos y desplazamientos y conocer si cumple con las exigencias a las que estará sometida la bancada.

4.2 SOPORTE DEL PHANTOMA

Comenzando por la placa que sostendrá el phantoma, se conocerá si cumple con las medidas necesarias para soportar los 1300N que ejercerá el phantoma una vez lleno con agua.

Vale recordar que la placa de movimiento utilizado para el eje y se construirá con aluminio común, el cual es se puede encontrar en el país, así que tomamos las especificaciones del Al 1050 (ver anexo H). En la figura 4.4 se puede observar el diseño del soporte para el phantoma.

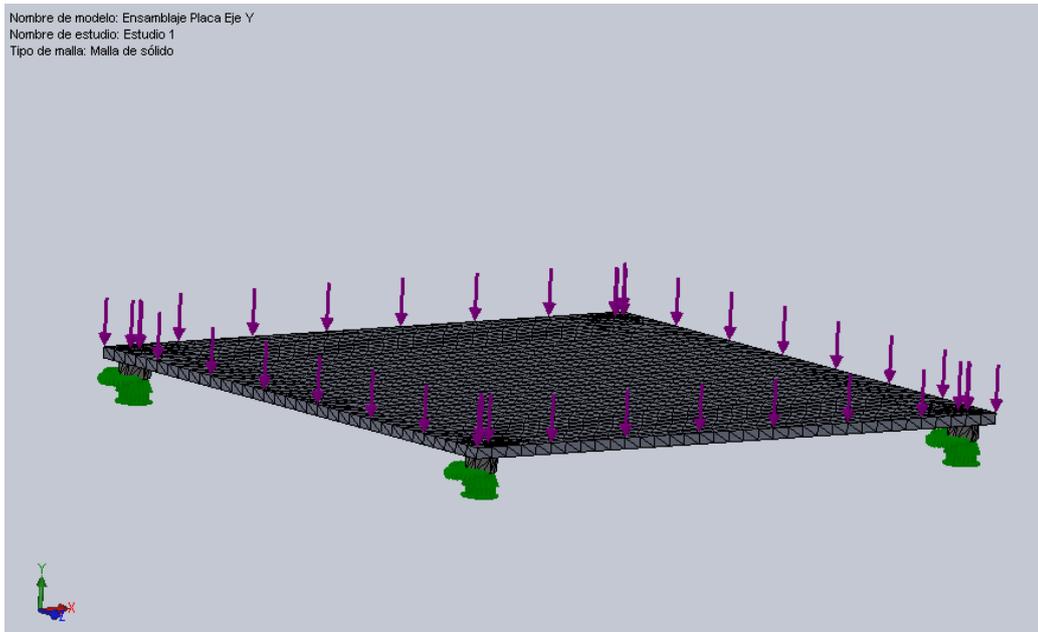


Figura 4.4: Mallado y aplicación de fuerza y restricciones.

Anexo H: Aluminio 1050

Una vez realizada la simulación, se obtiene las tensiones de Von Mises como se puede observar en la figura 4.5.

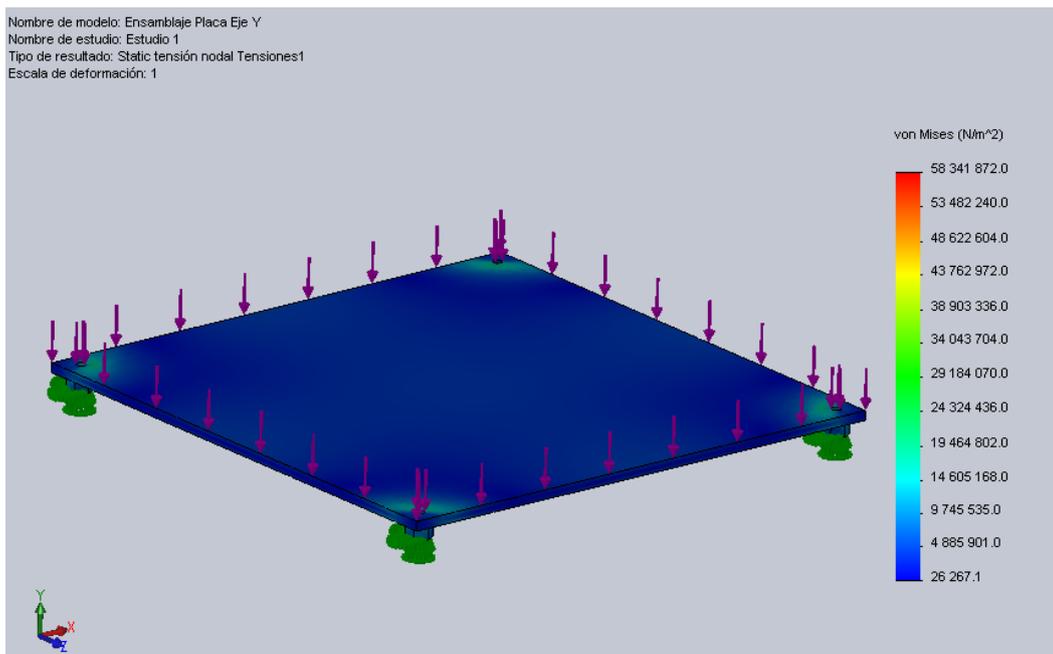


Figura 4.5: Resultados Von Mises.

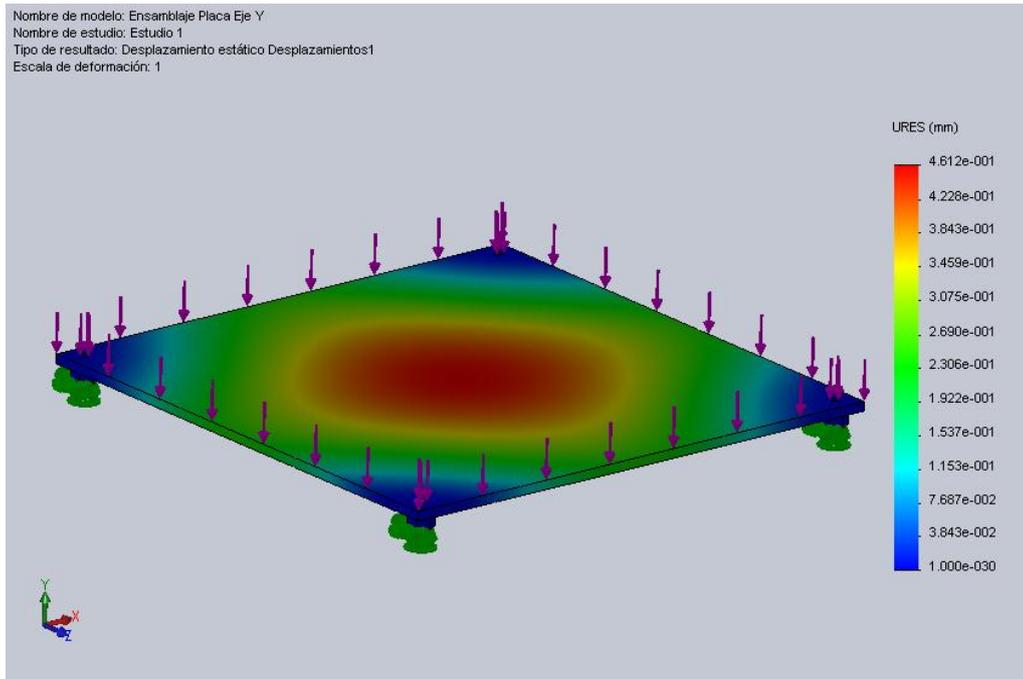


Figura 4.6: Resultados de desplazamiento.

La figura 4.6 corresponde a los desplazamientos, se ha obtenido que en la mitad de la placa como era de suponer el desplazamiento es mayor, de 0.46 mm.

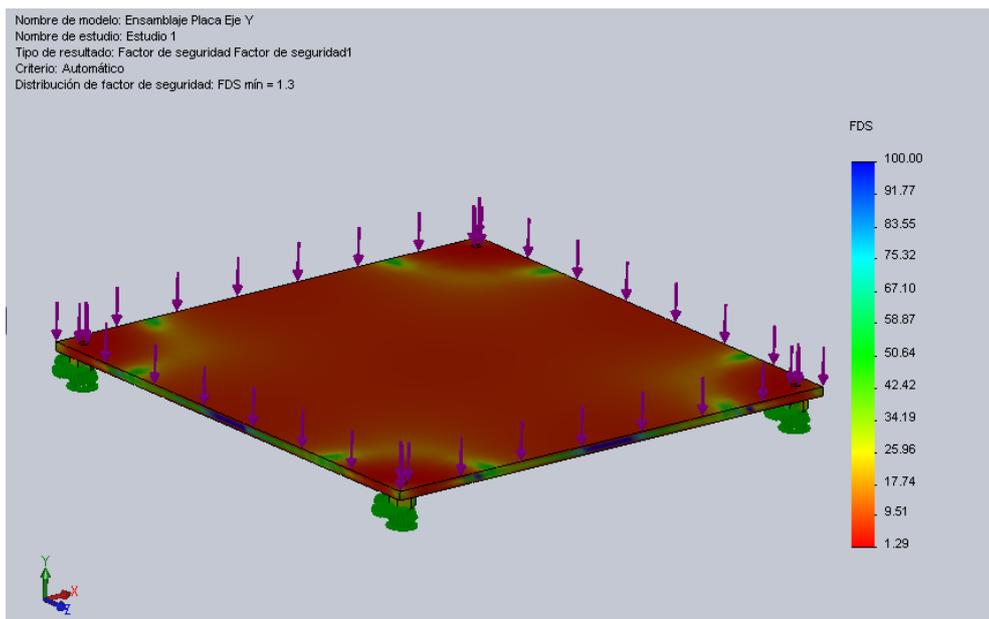


Figura 4.7: Resultados de factor de seguridad.

En la figura 4.7 se ha obtenido que el mínimo valor de factor de seguridad sea 1.29, aunque este cumple, se tiene como exigencia de seguridad de este proyecto un valor de factor de seguridad no menor a 2.

Solución:

La mejor opción es aumentar el espesor de la placa que sostendrá el phantoma, hasta llegar a un valor de factor de seguridad de 2.

Después de aumentar el espesor también se tiene una falla que se produce porque los orificios para los pernos están muy cercanos a las esquinas, ya que en el diseño previo de la placa no se tomó en consideración la medida necesaria para que no existan esfuerzos. Lo solución es aumentar esta medida a 40 mm de cada lado como se observa en la figura 4.8.

Una vez elaborado el nuevo diseño de la placa con mayor espesor, podemos comenzar con el estudio con 1300N.

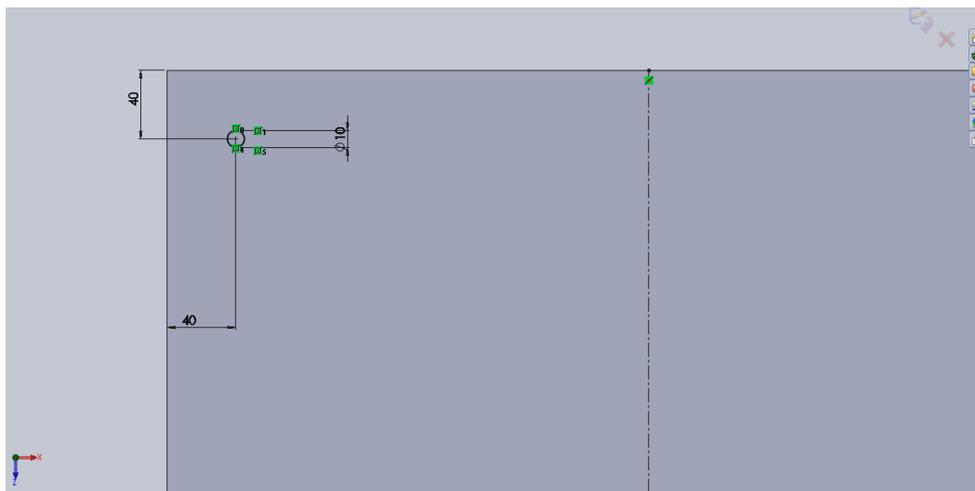


Figura 4.8: Distancia de los orificios a la esquina.

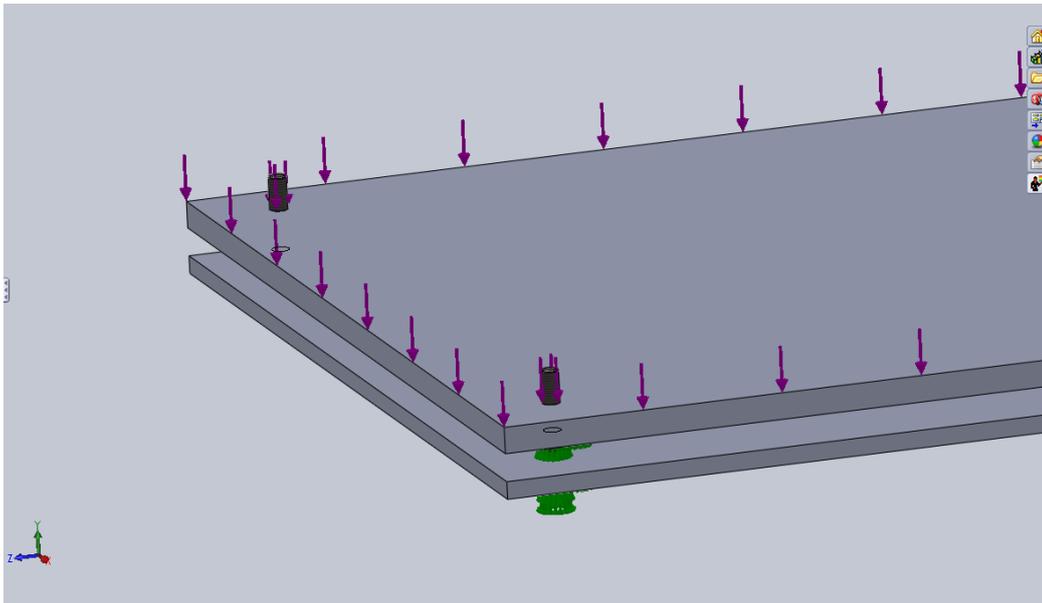


Figura 4.9: Aplicación de cargas y restricciones a la nueva placa.

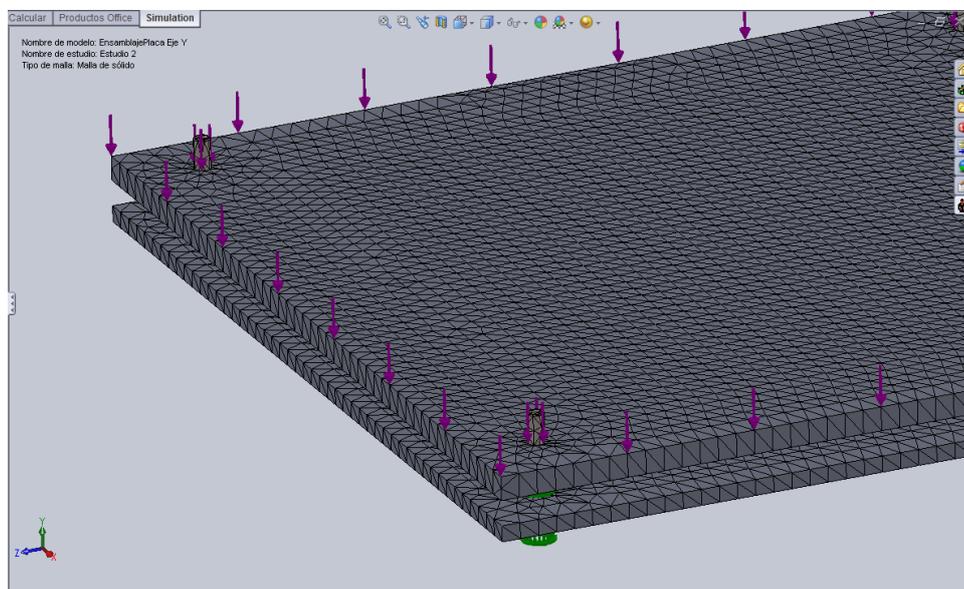


Figura 4.10: Mallado.

Una vez ejecutado el estudio de la placa, con la nueva medida y con las nuevas posiciones de los orificios se obtiene el siguiente resultado de desplazamiento.

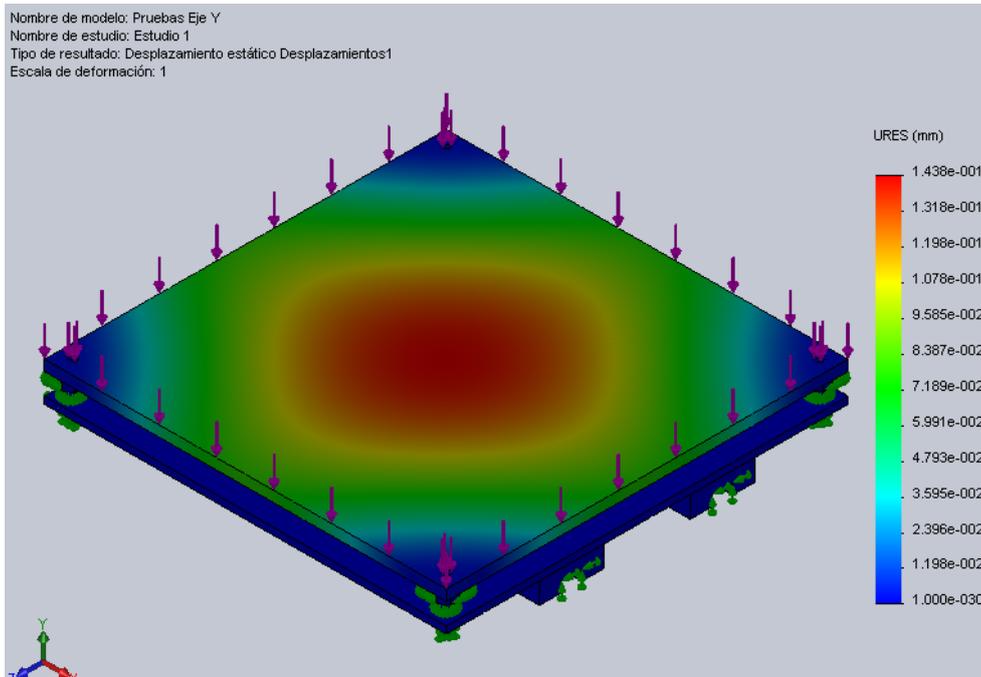


Figura 4.11: Resultado de deformación.

La deformación que tiene es mayor en el centro de la placa como era de suponer, este valor es de 0.143 mm como se observa en la figura 4.11. Para esto, se necesita comprobar si esta deflexión es permisible para esta placa y se lo hace con la siguiente formula.

$$deflexión\ permisible = \frac{L}{360}$$

L: longitud de la placa que es igual a 560 mm.

Este valor es la deflexión instantánea debido a la carga viva, y se aplica a placas que no estén ligadas a otros elementos estructurales, solo soportan la carga viva.

$$\frac{560}{360} = 1.56\ mm$$

Entonces la deflexión que se tiene en la placa es mucho menor a la permisible, entonces se puede determinar que no existe riesgo de falla.

Como se puede observar en la figura 4.12, el valor del factor de seguridad también es superior y cumple con las exigencias.

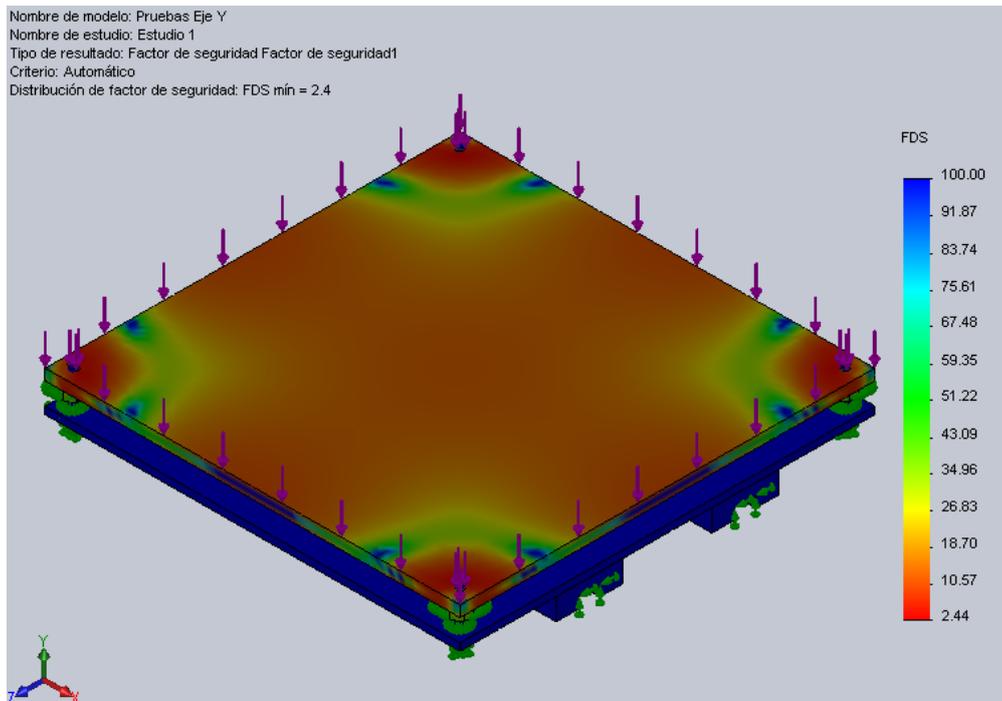


Figura 4.12: Nuevo valor de factor de seguridad.

El mínimo valor del factor de seguridad es de 2.44 el cual cumple para las exigencias del diseño de la bancada. Cabe mencionar que las cargas aplicadas es en un máximo que puede llegar a dar el phantoma lleno de agua completamente.

4.3 TORNILLO DE POTENCIA³⁹

Con los tornillos de potencia se puede transformar un movimiento de rotación en un movimiento lineal con el objeto de transmitir potencia.

La rosca más común y que presenta mayor rendimiento es la rosca ACME, con un ángulo de 29° por su buen ajuste.

³⁹<http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/TORNILLOPOTENCIA.pdf>

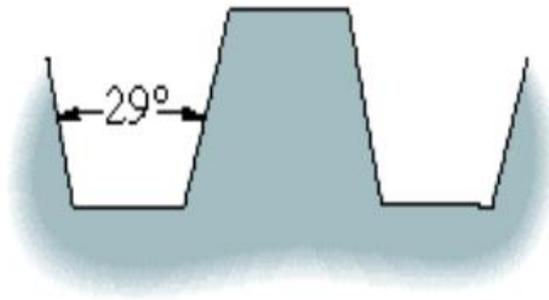
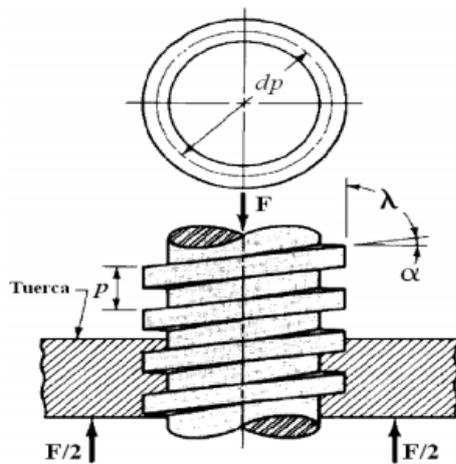


Figura 4.13: Rosca ACME ⁴⁰

En la figura 4.14 se tiene la rosca cuadrada de un tornillo de potencia, donde se puede apreciar sus principales características.



λ : ángulo de avance
 α : ángulo de hélice

p : paso
 dp : diámetro medio

Figura 4.14: Características Rosca Cuadrada ⁴¹

Para el movimiento rectilíneo, se da una conversión de la rotación angular y está dada por la siguiente fórmula:

$$v(t) = pw(t)$$

⁴⁰<http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/TORNILLOPOTENCIA.pdf>

⁴¹<http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/TORNILLOPOTENCIA.pdf>

v = velocidad lineal en pulgadas por minuto

p = paso del tornillo en pulgadas por rotación

w = velocidad angular en revoluciones por minuto

Para que el tornillo gire y la tuerca se desplace, existe un par de torsión, que se aplica al tornillo en una fuerza, para esto se tiene la siguiente ecuación.

$$F = \frac{2T}{dm} \frac{\pi dm - \mu p \sec \beta}{dm p + \mu \pi dm \sec \beta}$$

F = fuerza

T= par de torsión

μ = coeficiente de rozamiento

dm = diámetro medio del tornillo

β = ángulo rosca ACME

4.4 ESTUDIO EN LOS PERFILES⁴²

La bancada XYZ es una mesa rectangular donde el soporte del phantoma va sobre la estructura del eje y con 1600 mm de recorrido. A la vez, toda esta estructura estará soportada por toda la mesa rectangular la cual dará la libertad de movimiento para el eje x con 2000 mm.

En la actualidad el mercado ofrece soluciones estructurales para proyectos mecatrónicos como perfiles extruidos de diferentes dimensiones, con los cuales se puede armar modularmente la estructura de un proyecto. En la página www.misumiusa.com se puede observar algunas de ellas.

⁴²http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio_6061

Para la selección del perfil a utilizar primero se hizo un estudio de varios tipos de perfiles especiales, los cuales puedan cumplir con las altas exigencias a las que estarán expuestos como la alta rigidez, dureza y resistencia a la corrosión. El material más utilizado para los perfiles de bancadas XYZ es el aluminio 6061-T6 (ver Anexo G) el cuál es una aleación de aluminio endurecido que contiene como principales elementos aluminio, magnesio y silicio. Este material tiene buenas propiedades mecánicas lo cual lo hace una de las aleaciones más comunes para su uso general. La proporción del aluminio debe oscilar entre 95,85 y el 98,56 por ciento mientras que el resto de elementos va de acuerdo a los márgenes establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 4.1: Composición química Aluminio 6061

Elemento	Mínimo (%)	Máximo (%)
Silicio	0,4	0,8
Hierro	0	0,7
Cobre	0,15	0,7
Manganeso	0	0,15
Magnesio	0,8	1,2
Cromo	0,04	0,35
Zinc	0	0,25
Titanio	0	0,15

Anexo G: Aluminio 6061

El 6061-T6 presenta una resistencia máxima a la tracción de 300 MPa y un límite elástico de 241 MPa. Otros valores que pueden alcanzarse son 310 MPa y 275 MPa, respectivamente, aunque para el perfil especial se va a utilizar dependiendo de su forma puede variar en un aumento de su rigidez.

El perfil más adecuado para este tipo de estructura es el GFS8-100100 de superficie anodizada.

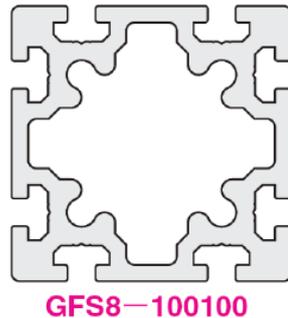


Figura 4.15: Perfil GFS8-100100 ⁴³

Anexo E: Perfiles Especiales

Anchura de la ranura:	10	Ancho:	100
Base de extrusión:	50	Altura:	100

La forma especial que tiene este perfil extruido, aumenta la rigidez. Mientras más entradas tiene la cara del perfil, mayor dureza y rigidez ganará. A diferencia de cualquier perfil cuadrado de aluminio, con las cargas a aplicar fácilmente llegaría a flejar. Este perfil especial tiene una sección de área de 3957mm^2 y una resistencia a la tracción de 278 N/mm^2 .

Además la sección que podemos observar en la 4.16 muestra la característica que presenta este perfil, donde tiene ranuras que permite adaptar mediante tornillos de ajuste las guías que más tarde transportarán los soportes de otros elementos.

⁴³<http://us.misumi-ec.com/us/ItemDetail/10300456860.html>

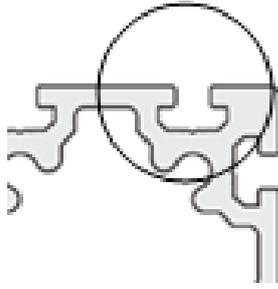


Figura 4.16: Ranura en el perfil

Con la carga a la que será sometido cada perfil se realizó el análisis para cada tipo de falla al que podría verse afectado.

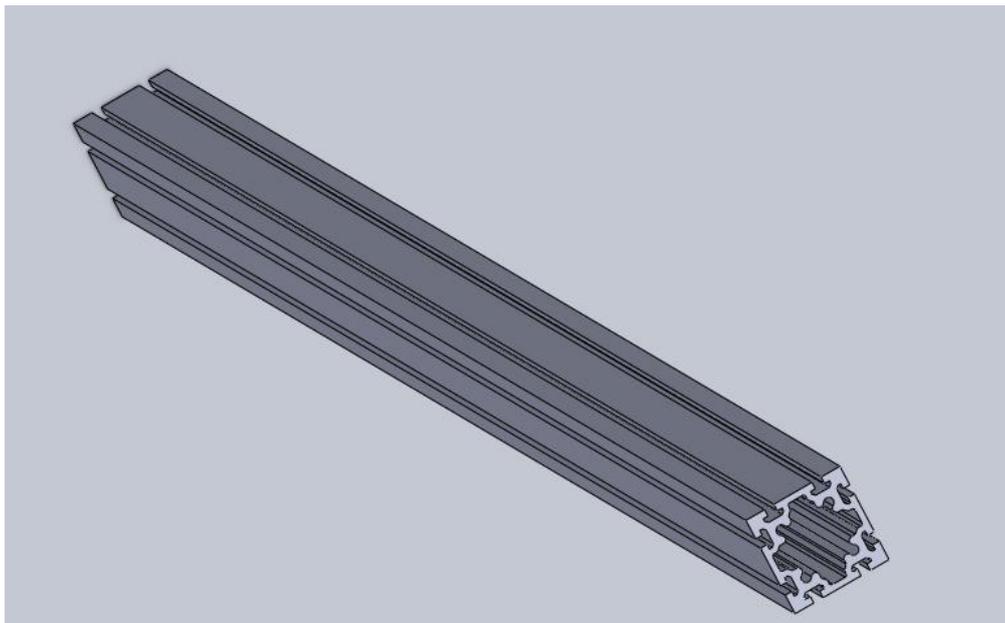


Figura 4.17: Perfil GFS8-100100 en Solidworks

4.5 BANCADA XYZ

La bancada XYZ como lo antes mencionado, es una mesa rectangular con recorrido en sus 3 ejes principales. A continuación en la figura 4.18 esta el diseño completo con cada uno de sus elementos.

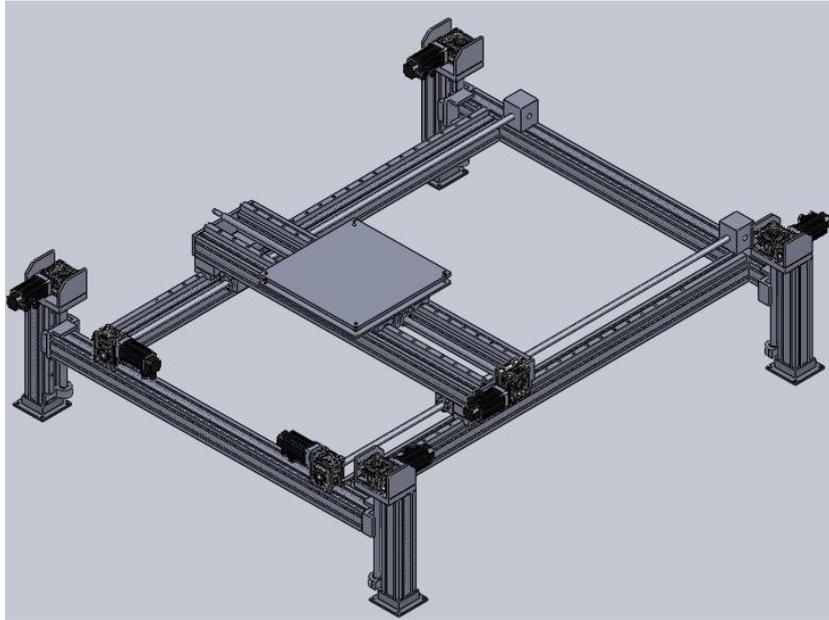


Figura 4.18: BANCADA XYZ

Como se puede observar en el diseño de la bancada, el soporte del phantoma ya diseñado, está colocado sobre 2 perfiles para una mayor estabilidad. A estos 2 perfiles se les ha adaptado las guías en las cuales se desplazara el soporte, y a la vez los pequeños soportes en las guías están adaptados al tornillos de bolas el cual al girar, da el movimiento rectilíneo en este eje como se muestra en la figura 4.19.

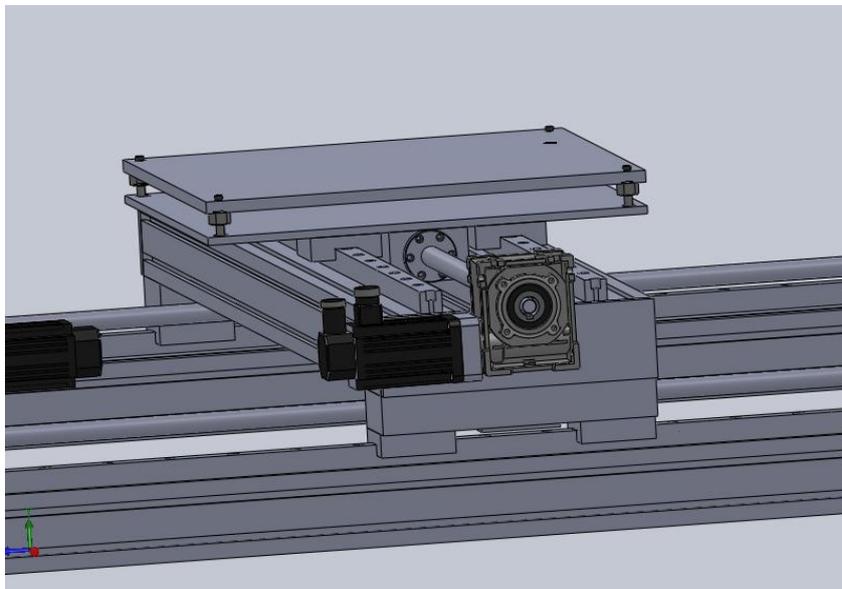


Figura 4.19: Adaptación soporte en eje Y

Eje Y:

En el estudio del movimiento lineal eje y, se tiene dos perfiles especiales de aluminio los cuales llevan el soporte del phantoma.

Para este estudio se utilizará la carga en dos posiciones las cuales serán a $\frac{3}{4}$ y a la mitad de la distancia. La carga colocada será la máxima sobre los 4 soportes. Se comienza el estudio con el soporte posicionado a la mitad de la longitud de los perfiles como se observa en la figura 4.20.

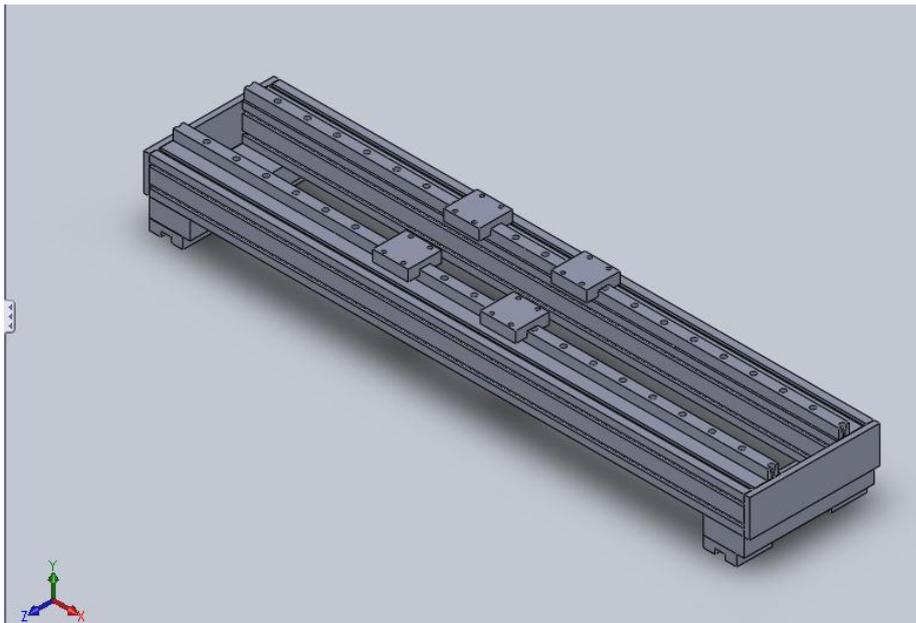


Figura 4.20: Perfiles Eje Y

Se aplica las propiedades del material a los perfiles especiales de aluminio, y para los demás elemento las propiedades del material aluminio 1050 a utilizar. Así se puede observar en la figura 4.21 donde se creó un material con las propiedades del perfil a utilizar.

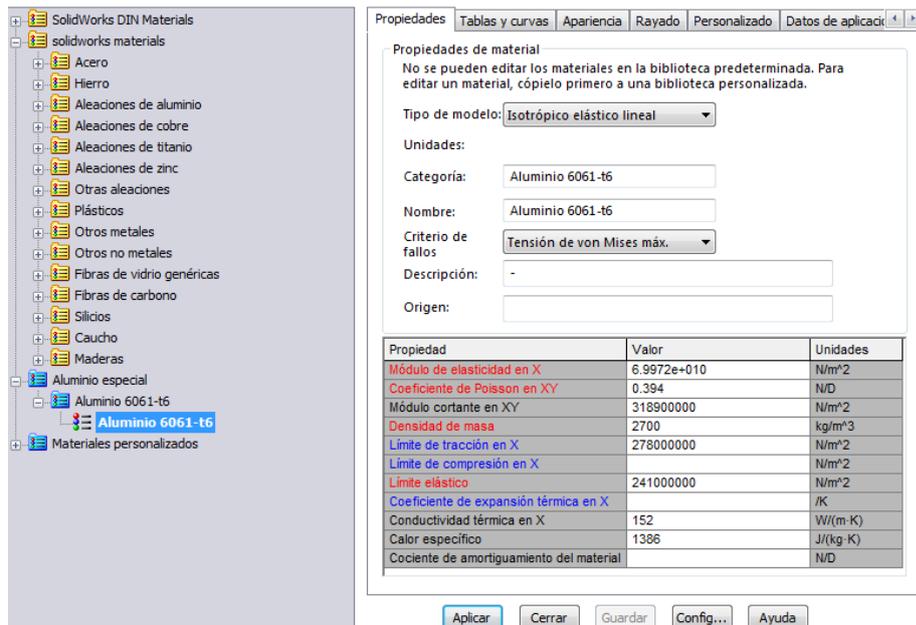


Figura 4.21: Aplicación de Material de Perfiles Especiales de Aluminio

Se aplica la carga que se divide en los 4 soportes colocados en la mitad, y fijamos los lugares donde van apoyados los dos perfiles. Luego se realiza un mallado como se puede observar en la figura 4.22 donde el elemento ya está listo para ejecutar y obtener los resultados.

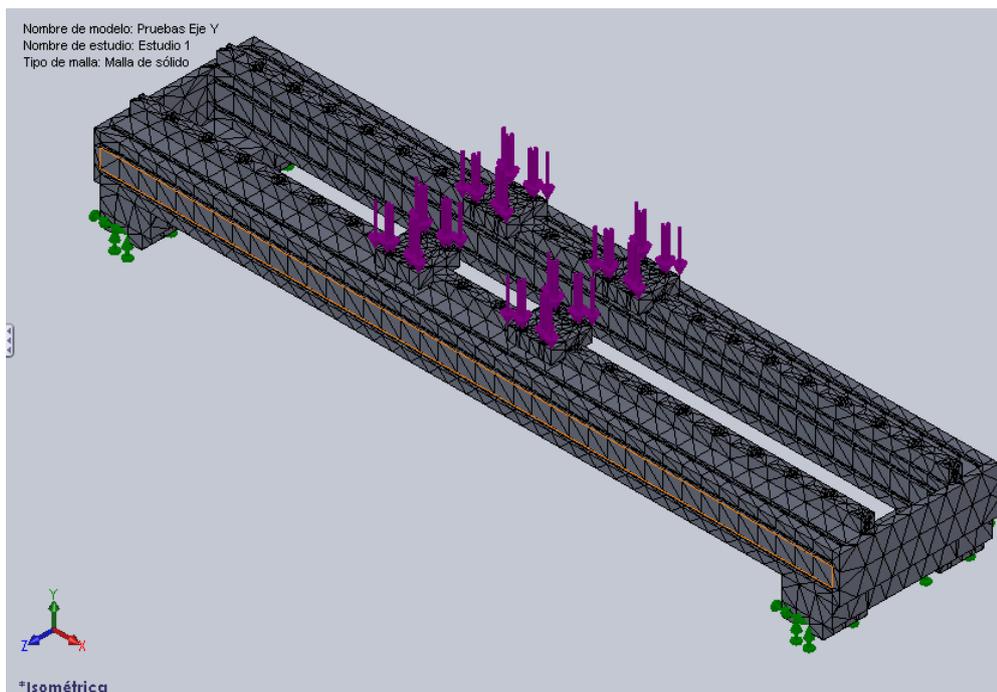


Figura 4.22: Mallado

Realizado el estudio se obtiene los siguientes resultados:

Los resultados de Von Mises se asientan en la mitad de los perfiles como era esperado, los dos perfiles reciben dividido el peso como se observa en la figura 4.23.

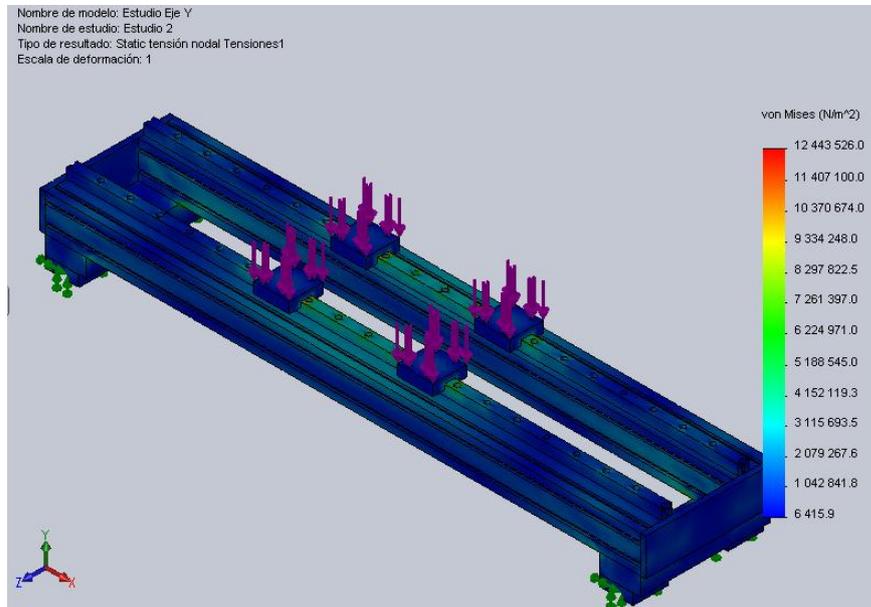


Figura 4.23: Resultado Von Mises

El desplazamiento que presentan los perfiles no alteran las pruebas debido que tienen un valor de 0.13 mm como se puede observar el la figura 4.24.

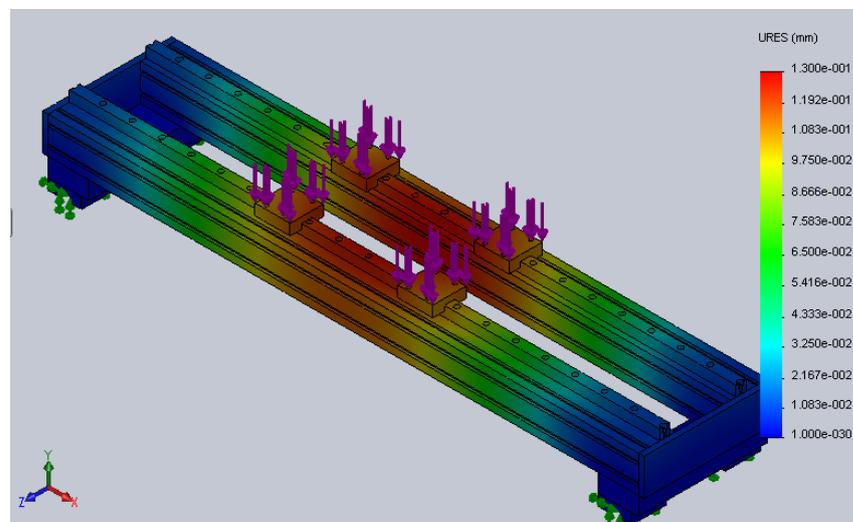


Figura 4.24: Resultado Desplazamiento

El valor del factor de seguridad mínimo es de 2.22 aprobando totalmente las exigencias a las que se verá sometida la bancada.

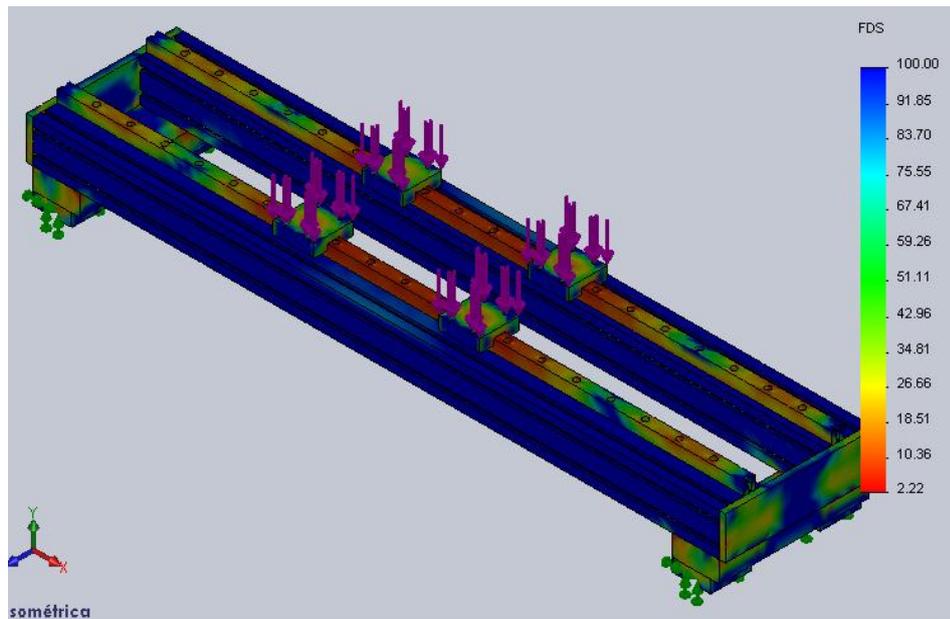


Figura 4.25: Resultado Factor de Seguridad

Realizado el estudio a $\frac{3}{4}$ de la longitud total de los perfiles, los resultados son los esperados dada las especificaciones de los materiales a utilizar.

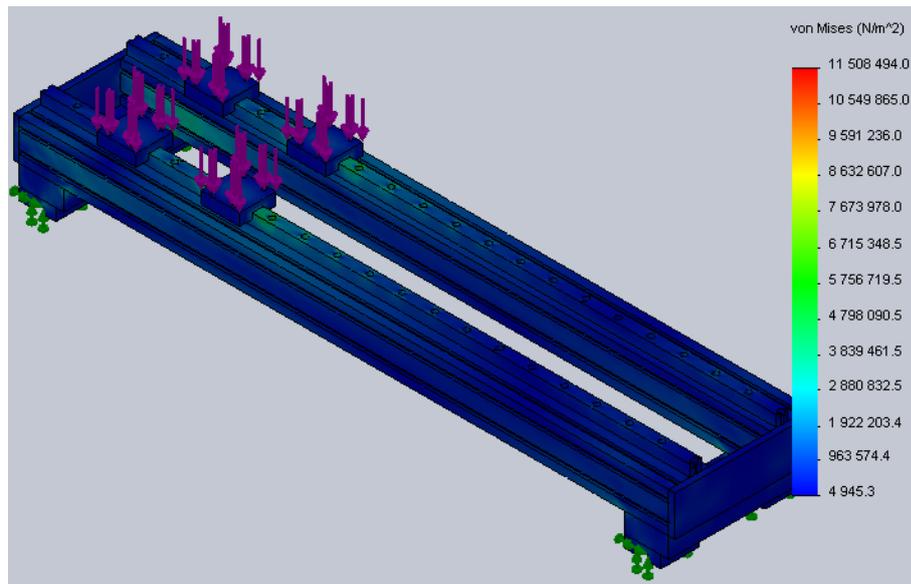


Figura 4.26: Resultado Von Mises

En el resultado de desplazamiento se tiene un rendimiento excelente del perfil especial de aluminio, dado que para las pruebas de precisión que se van a realizar en el Laboratorio, tenemos una flexibilidad máxima de 0.09132 mm.

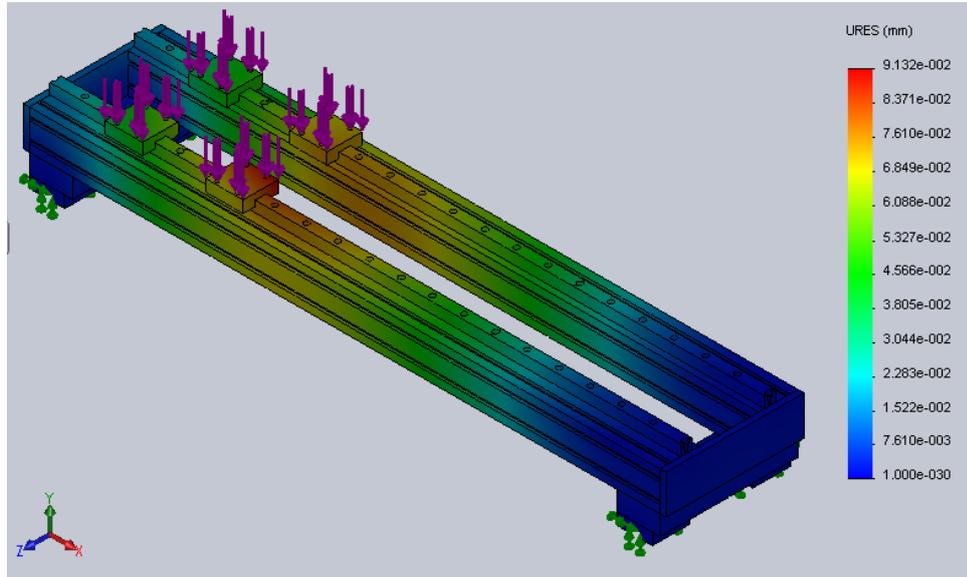


Figura 4.27: Resultado Desplazamiento

En esta vista se puede observar que los perfiles especiales de aluminio se ven afectados en un mínimo, y son los soportes los que llevan más desplazamiento.

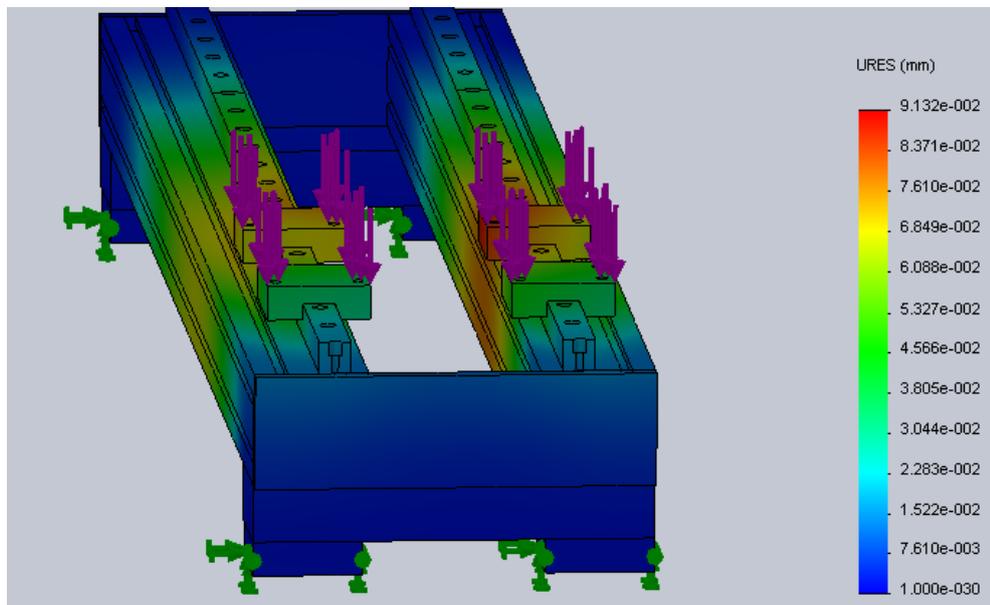


Figura 4.28: Resultado Desplazamiento

El valor de factor de seguridad es excelente para las exigencias de estas pruebas a realizar, siendo de 2.8 el mínimo.

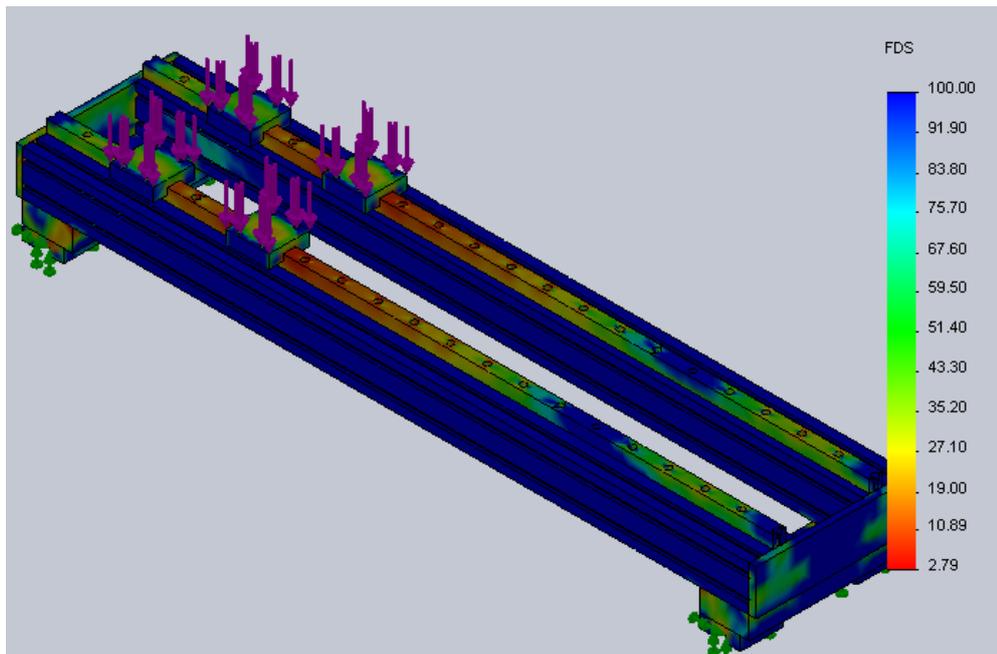


Figura 4.29: Resultado Factor de Seguridad

En la vista superior podemos observar el sector afectado debido a que el soporte se encuentra en la posición $\frac{3}{4}$ de la longitud del perfil.

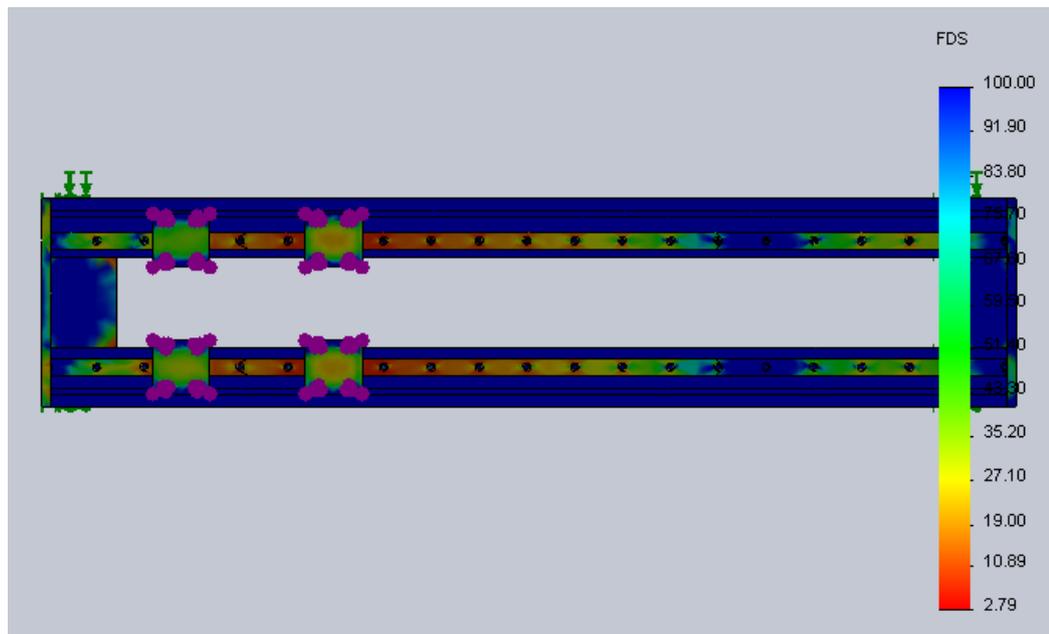


Figura 4.30: Resultado Factor de Seguridad VS

Eje X:

En el eje X, se ha tomado todo los elemento del eje Y, y se los ha adaptado en dos soportes, colocados sobre las guías que van en los perfiles de la mesa rectangular con una distancia de 2300 mm. Como se puede observar en la figura 4.31, este eje está adaptado a 2 tornillos de bolas, los cuales están conectados mediante un acople o matrimonio, así solo se utiliza y se aprovecha un solo servomotor para generar la potencia con el que deben girar los dos tornillos de bolas. La distancia de recorrido total en este eje, es de 2000 mm para no tener problemas en los extremos con contactos entre elementos.

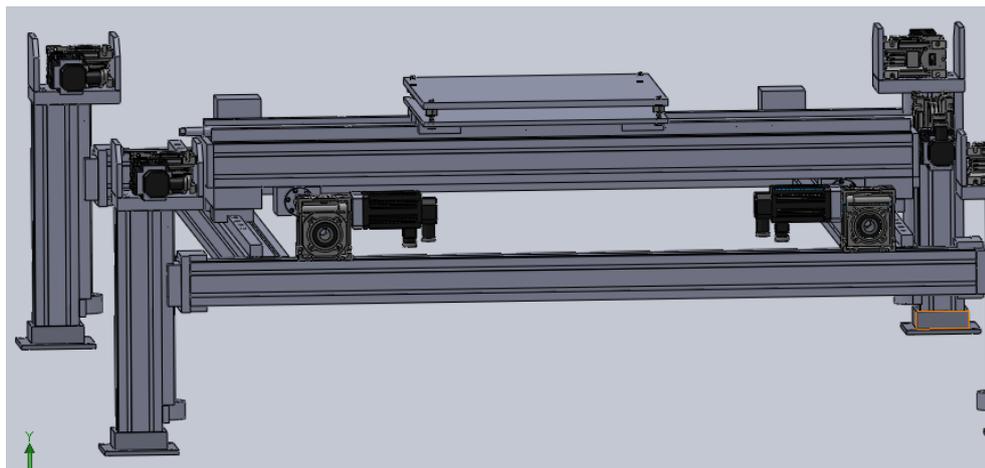


Figura 4.31: Adaptación soportes eje X

Luego de haber adaptado los elementos, se continúa con el estudio de cargas en estos perfiles. Se ha colocado la fuerza en los dos soportes cuando se encuentran en la mitad de la longitud de los perfiles, que sería a un metro ya que existe un recorrido de dos metros para el eje X. De esta manera se puede observar que la carga estará dividida en dos partes como se observa en la figura 4.32.

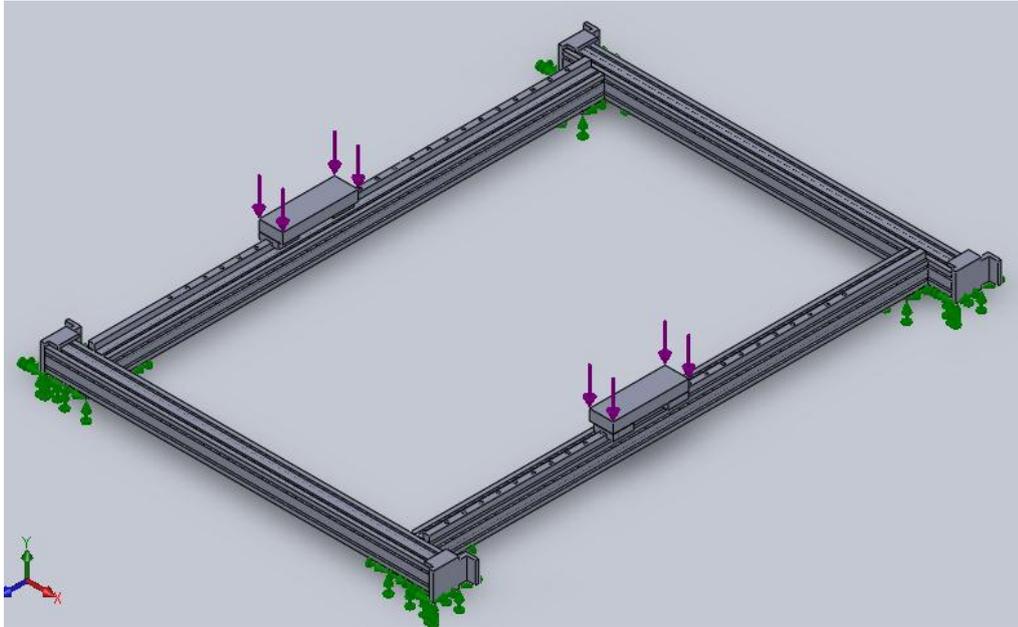


Figura 4.32: Simulación Eje X

En el resultado de tensión de Von Mises se puede apreciar cómo se acentúan en la mitad del perfil, y la rigidez de este le permite la estabilidad en los extremos.

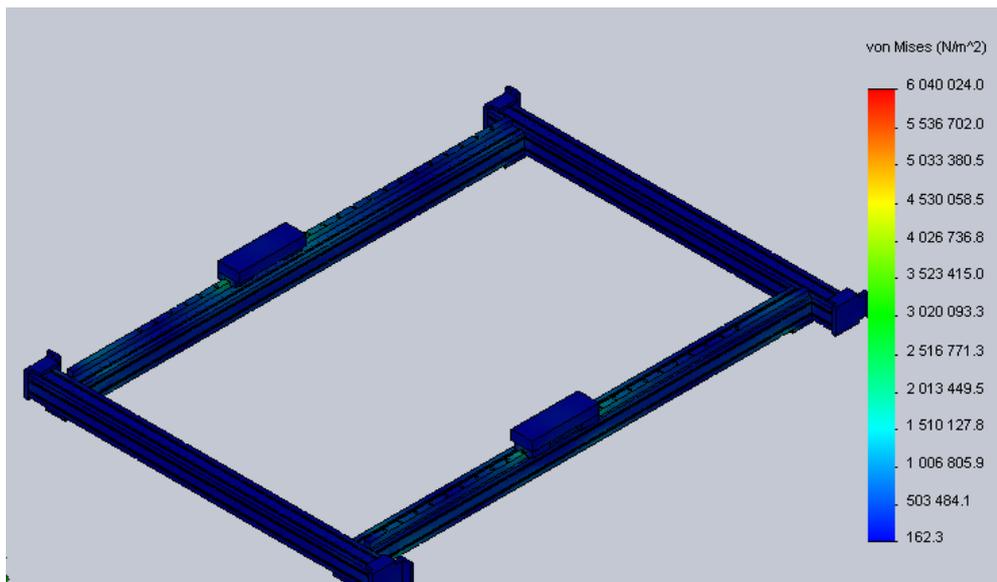


Figura 4.33: Resultado Von Mises

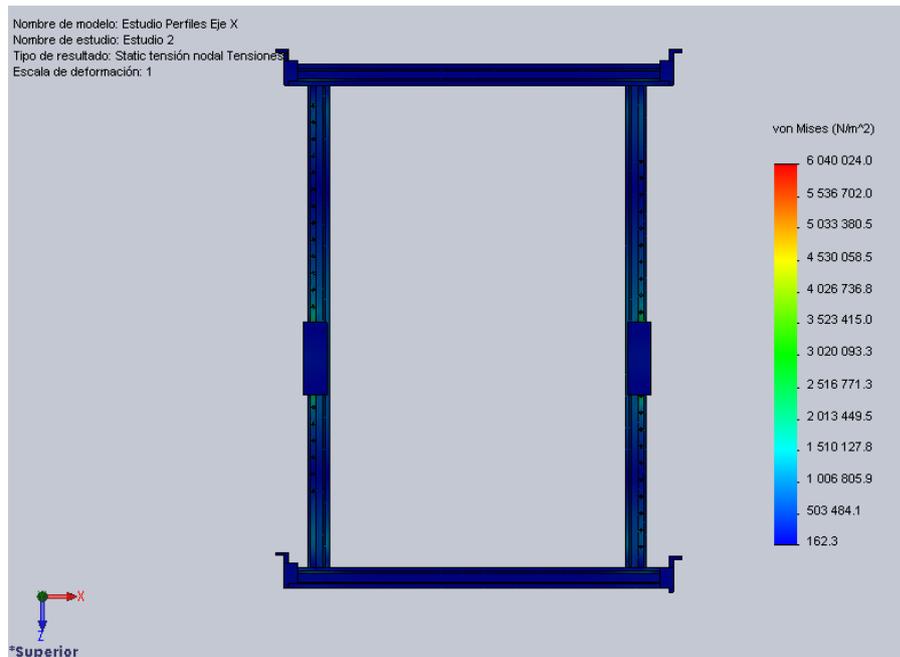


Figura 4.34: Resultado Von Mises VI

Para el estudio de desplazamiento se tiene como resultado de 0,087 mm como máximo desplazamiento en la zona donde está la carga.

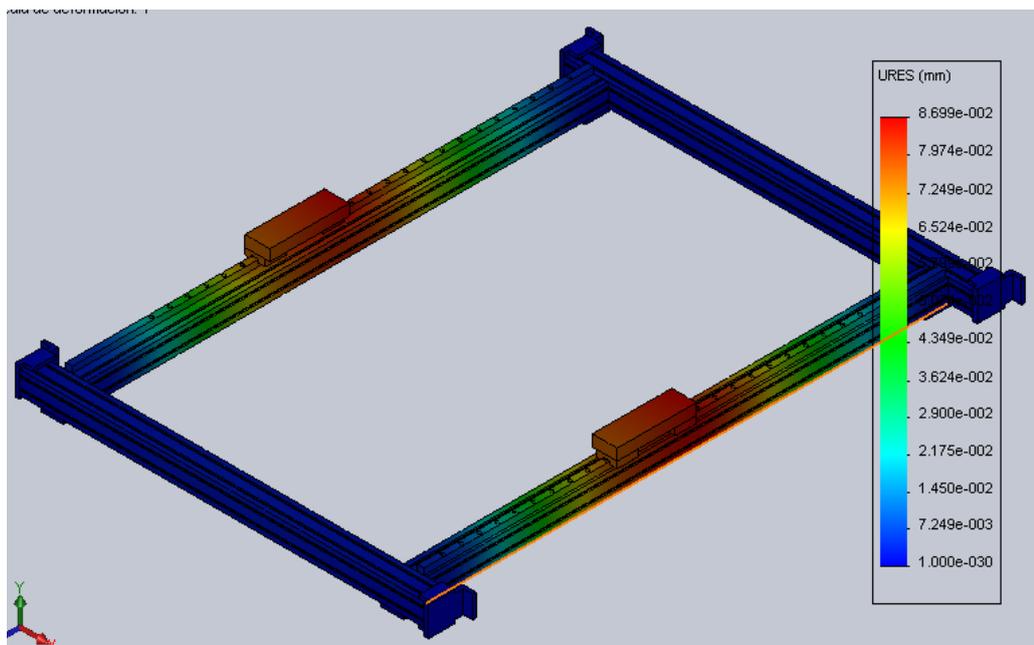


Figura 4.35: Resultado de Desplazamiento

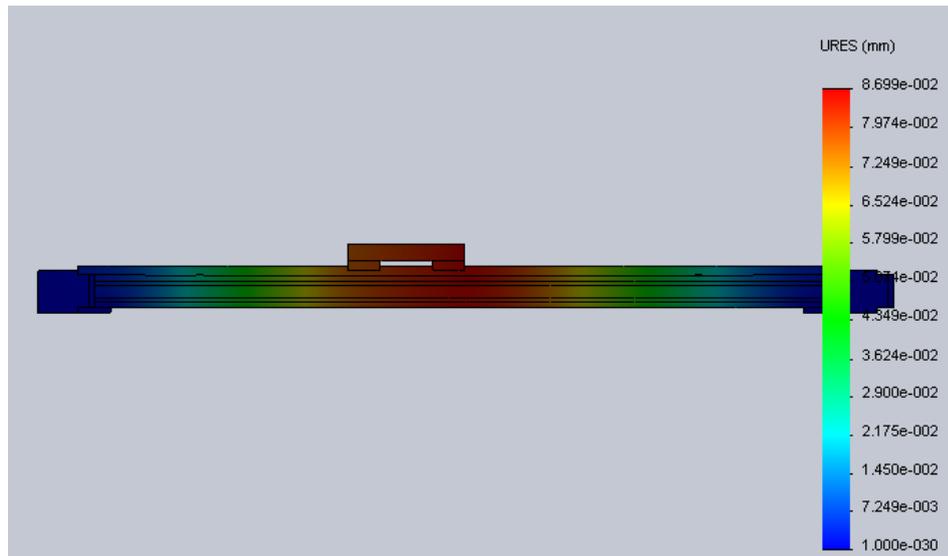


Figura 4.36: Resultado de Desplazamiento VL

En el resultado de valor de factor de seguridad se tiene un mínimo de 4,6, lo cual era esperado debido a que se tiene mayor carga y mayor longitud de los perfiles que en el caso del eje Y.

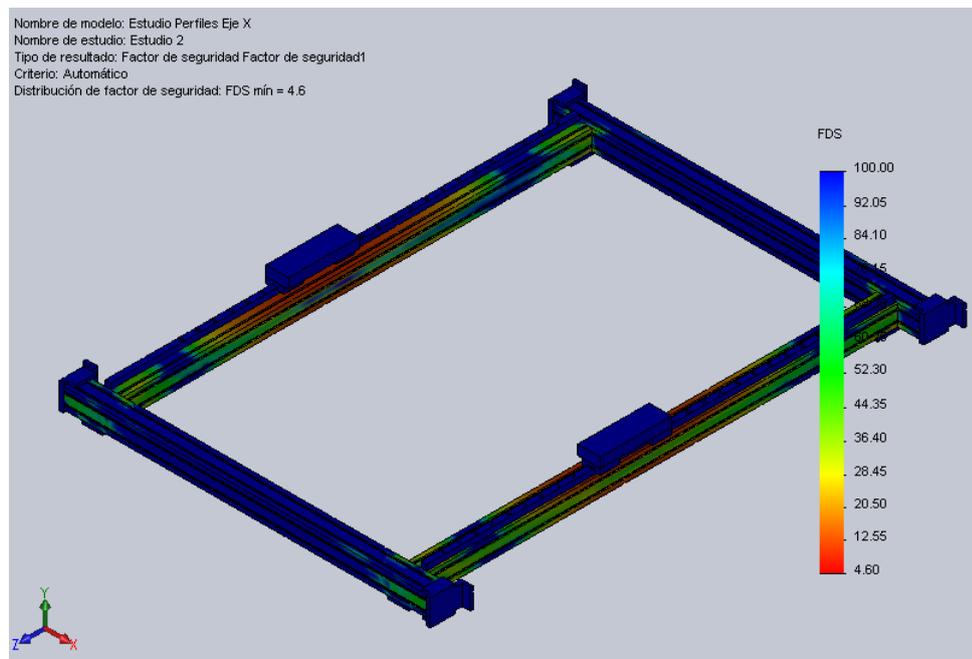


Figura 4.37: Resultado Factor de Seguridad

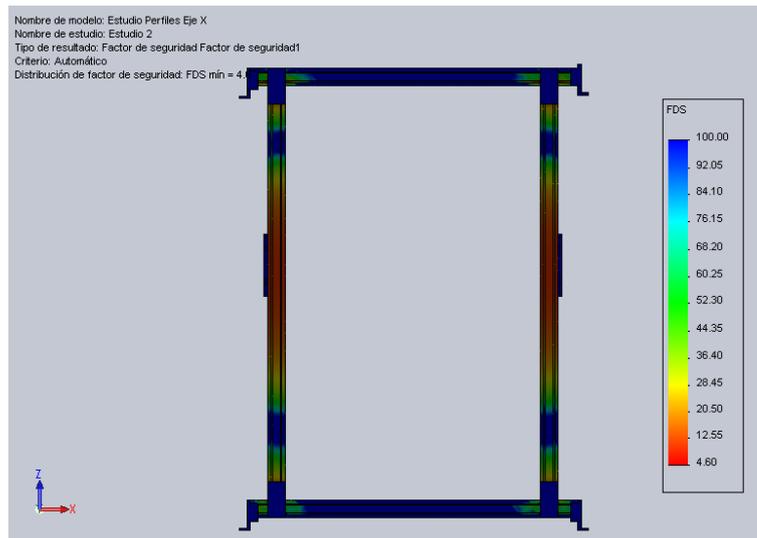


Figura 4.38: Resultado Factor de Seguridad VI

Eje Z:

En el estudio para el eje Z, se tiene los soportes de la mesa, cada uno con su propio servomotor como se puede apreciar en la figura 4.39, esto debido a que el Laboratorio no cuenta con una superficie totalmente plana, ya que cuando se construyó no se tuvo en cuenta esta necesidad. Ahora teniendo un servomotor para cada soporte base, se puede subir o bajar de cada lado hasta conseguir una alineación completa.

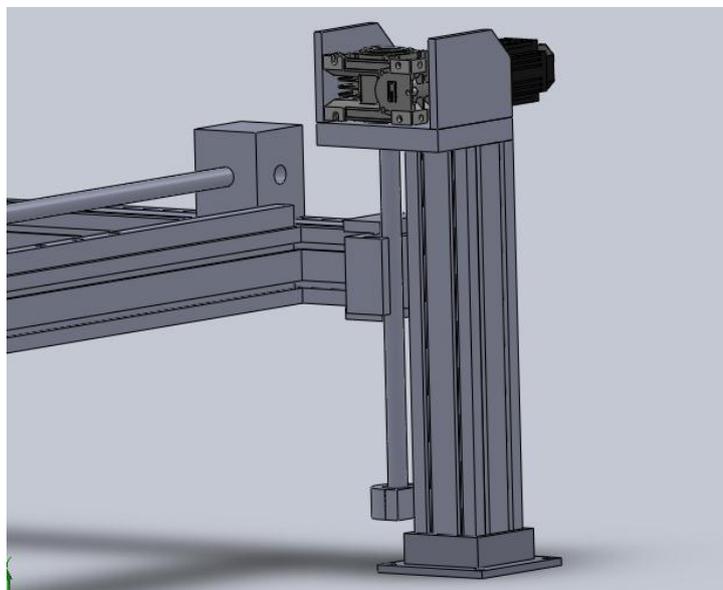


Figura 4.39: Soporte eje Z

Para el estudio de cargas en el eje Z, se debe colocar todo el peso de la bancada en sí, dividida para 4, y cada una de estas irá soportada en los apoyos como veremos a continuación.

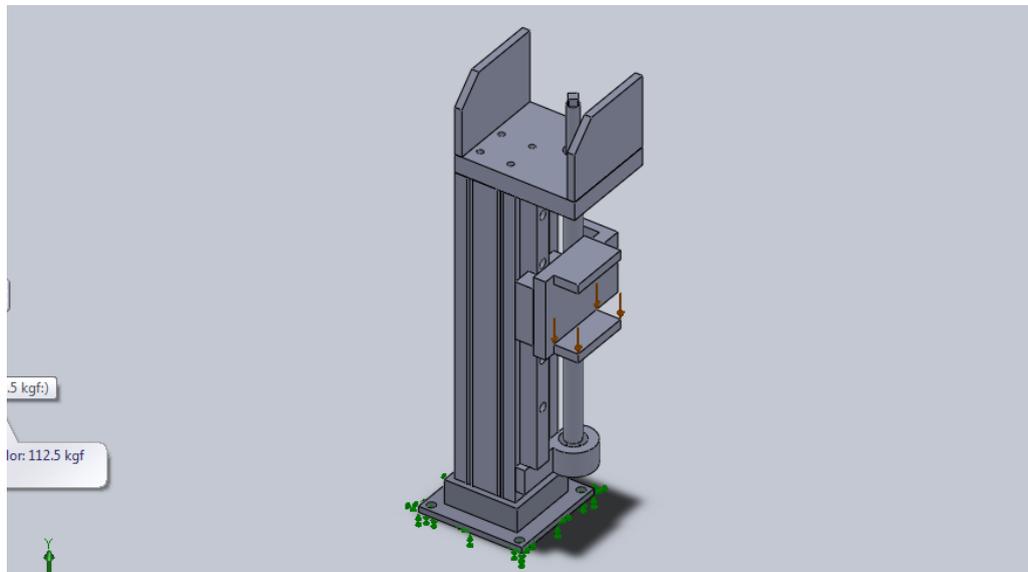


Figura 4.40: Soporte eje Z cargas

En un máximo calculado con la densidad de cada elemento de aluminio, y las cargas aplicadas, tenemos un total de 1102,5 Nm para cada soporte.

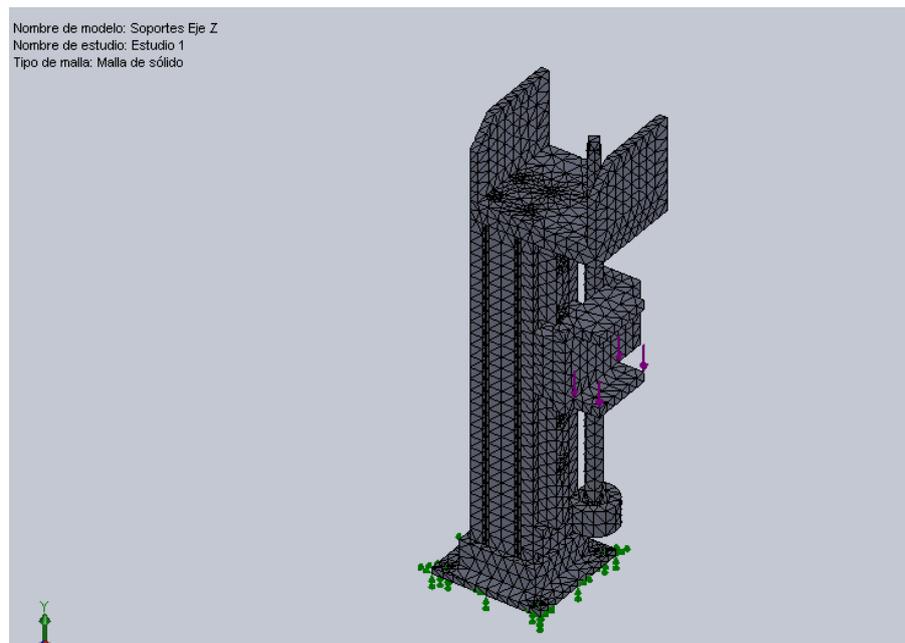


Figura 4.41: Soporte eje Z mallado

Ya en la simulación, podemos observar como se ve afectado el soporte.

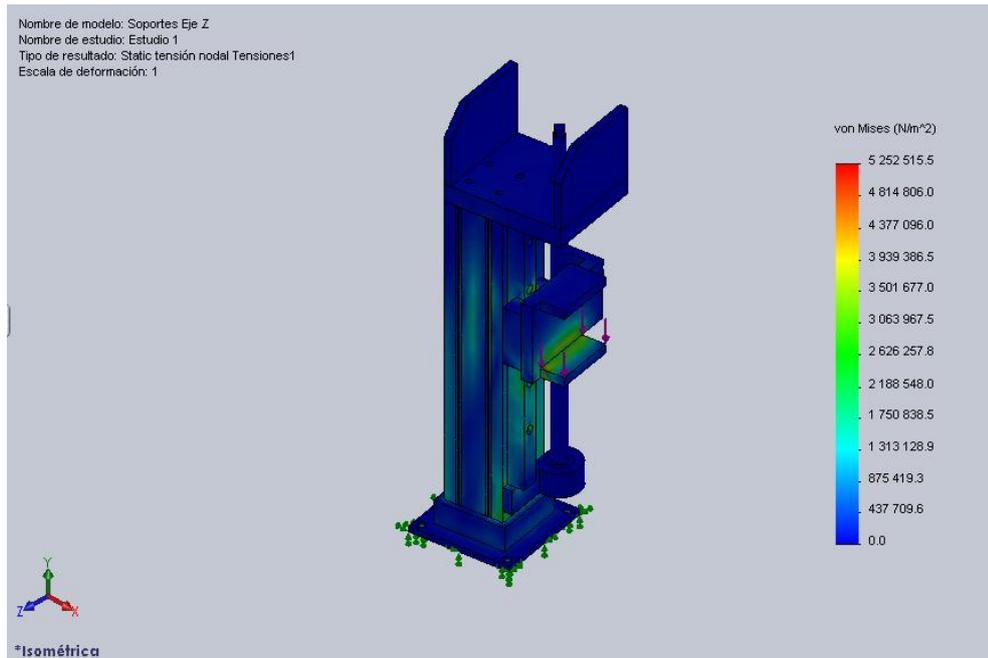


Figura 4.42: Soporte eje Z Von Mises

El desplazamiento que sufre en soporte en este eje es de un máximo de 0,039 mm lo cual no va a influir en los resultados de las pruebas a realizar.

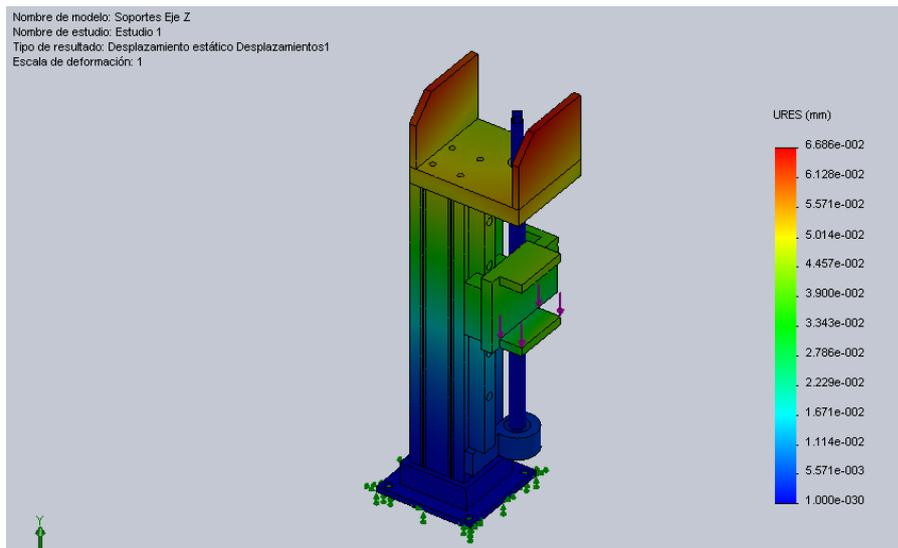


Figura 4.43: Soporte eje Z Desplazamiento

El valor del factor de seguridad, el cual es lo más importante con lo que se ha guiado en estos estudios cumple satisfactoriamente teniendo un mínimo valor de 5.1 como se observa en la figura 4.44.

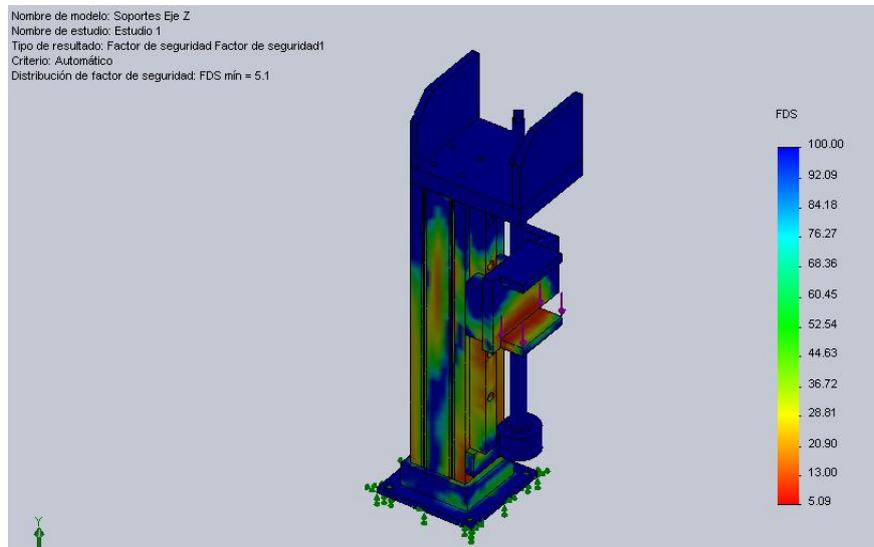


Figura 4.44: Soporte eje Z Valor Factor de Seguridad

4.6 REDUCTOR

El reductor es completamente necesario para los servos a utilizar en las bases, ya que estos sostienen toda la estructura, y es aquí donde se necesita poca velocidad pero mayor potencia. Para el cálculo en la parte del servomotor, se utilizará un reductor con una relación de 1:30.

El reductor a utilizar para este clase de Servo Motor es el CM50 i:30 TRANSTECNO debido al elevado nivel de modularidad caracteriza los reductores sinfin corona de la serie CM; los diversos kit de entrada y salida permiten una versatilidad extrema del reductor.

Los reductores de sinfín corona de la serie CM poseen las características siguientes:

Los tamaños 040, 050, 063, 075, 090 y 110 están contruidos con carcasa de aluminio.

Los tamaños 90 y 110 se suministran con rodamientos de rodillos cónicos en el sinfín.

Lubricación permanente con aceite sintético.

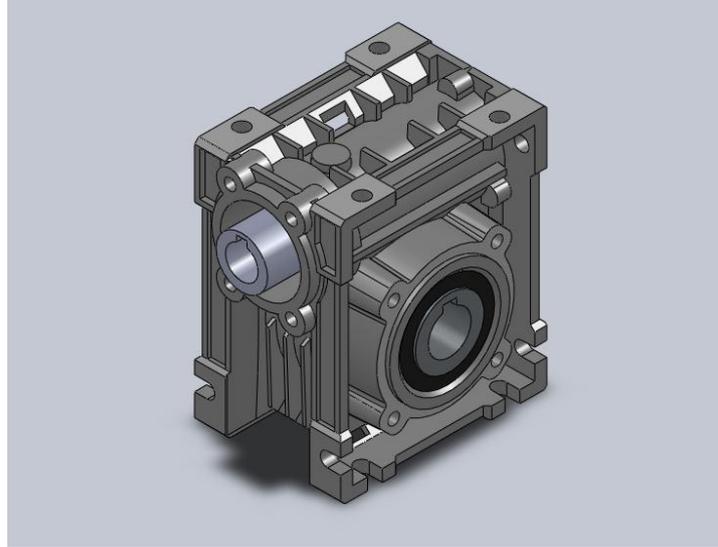


Figura 4.45: Reductor CM50 i:30

Anexo F: Reductor

4.7 GUÍAS LINEALES.

Las guías para el recorrido o movimiento que se necesita para cada eje son importantes dada la resistencia y rigidez que da el acero al carbono XC10 (ver Anexo J) del cual están diseñadas, estas características son importantes puesto que sobre ellas se deslizará una carga, para poder realizar el estudio se debe tener la carga a la que estará expuesta la guía lineal, luego de esto se puede elegir una de entre el mercado, una que cumpla con la seguridad de carga estática que es la manera de poder conocer si la guía lineal es aceptable para este sistema.

La guía lineal que más carga soportará es la del eje X, con una longitud de 2000 mm, estará soportando una carga de 800 N aproximadamente.

Ahora la guía que se recomienda es la **GGB30AB**



GGB-AB/ABL four direction equal load ball LM guide

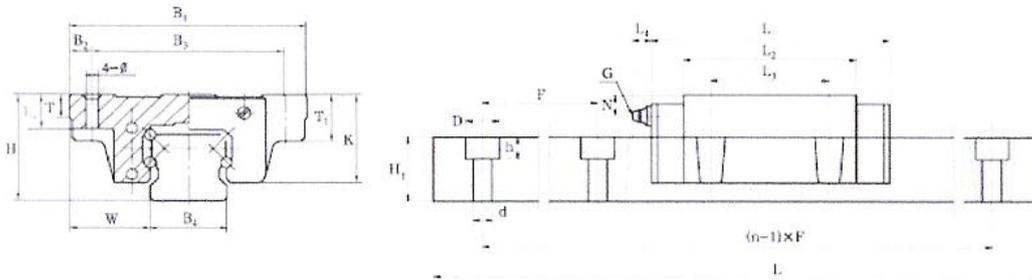


Unit:mm

Note

- 1) M_x , M_y , M_z are shown in right-under diagram, each indicates rated torque value of one block.
- 2) L_{max} is the maximum length of one rail, please contact if need rail joint.
- 3) Distance from both ends to the mounting hole in one rail is equal if without special request.
- 4) There is no baffle of both ends of GGB35-85 rails, please note if you need.
- 5) Please note if need oil on side surface.
- 6) Because of the height difference of GGB25AB/ABL and height & hole distance difference of GGB45AB/ABL, we classify with I and II, II is the recommended one.

Type	Dimension of assembly					Dimension of block										Dimension of oil cup		
	H	W	B ₁	B ₂	B ₃	K	T	T ₁	o	L ₄	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄	G	N		
GGB304B GGB304BL	42	31	90	9	72	35	10	18	9	10	95.2 117.2	70 92	52	11	M6	7		



Dimension of rail		F	Max. single length	Dynamic load rating		Static load rating		Torque rating			Weight (kg)	
B ₃	H ₁			C(KN)	C ₀ (KN)	M _x (N m)	M _y (N m)	M _z (N m)	Block (per/pc)	Rail (per/meter)		
28	26	9x14x12	80	6000	28.08 37.77	48.33 61.77	430 720	430 720	650 870	1.1 1.2	4.7	

Figura 4.46: Catálogo de guías lineales de precisión⁴⁴

Anexo B: Guía Lineal

⁴⁴http://www.njyigong.cn/en/products_Content.asp?id=15

La resistencia a la carga estática C_o es de 46.33 KN, así que con la siguiente formula se calculará la seguridad de carga estática.

$$S_o = \frac{C_o}{F_o}$$

Donde:

S_o : Seguridad carga estática

C_o : Resistencia carga estática

F_o : Carga máxima del rodillo guía

$$S_o = \frac{46330N}{800N}$$

$$S_o = 57.91 N$$

En el manual indica que en la selección de una guía lineal, si $S_o > 4$, la guía puede trabajar bajo condiciones normales. Esto indica que se trabaja con cargas pequeñas y que este guía lineal puede utilizarse sin problemas.

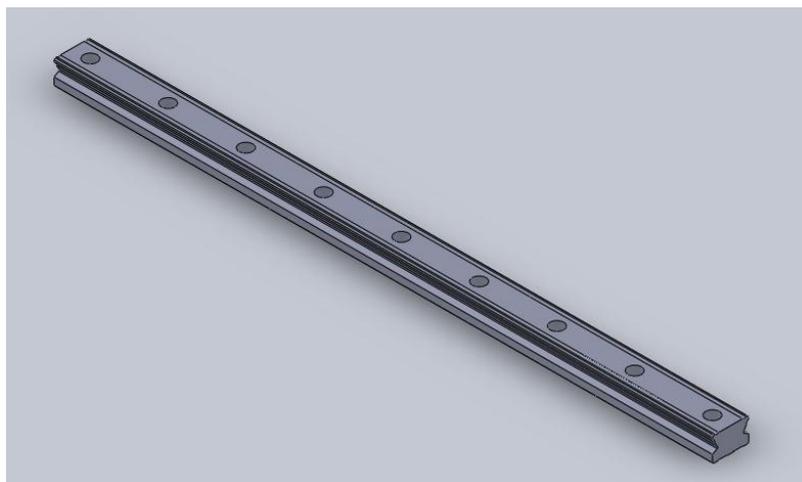


Figura 4.47: Guía Lineal GGB30AB

4.8 TORNILLO DE BOLAS

Para el movimiento de traslación se necesita el tornillo de bolas de acero aisi 1055 (ver Anexo L), para lo cual fue necesario realizar una selección en base

a varios aspectos. La característica principal que debe cumplir es el de tener su coeficiente de carga estática básica mayor o igual al producto de la carga estática axial máxima aplicada y el factor de seguridad “so”. Entonces hemos de calcular la carga máxima y que debe soportar, la cual depende del diámetro del husillo y de los apoyos.

La carga máxima es:

$$F_{ad} = F_{ku} * f_k * 0.8^{45}$$

F_{ad} = Carga máxima permitida ≤ Coa (KN)

F_{ku} = Carga de columna (KN)

f_k = Factor de corrección de apoyos

En la figura 4.47 tenemos el diagrama de carga columna, donde se obtendrá el valor F_{ku} , así que se elegirá para un tornillo de bolas de diámetro de 25 mm y una distancia entre apoyos de 2000 mm, que es la máxima distancia que se tiene.

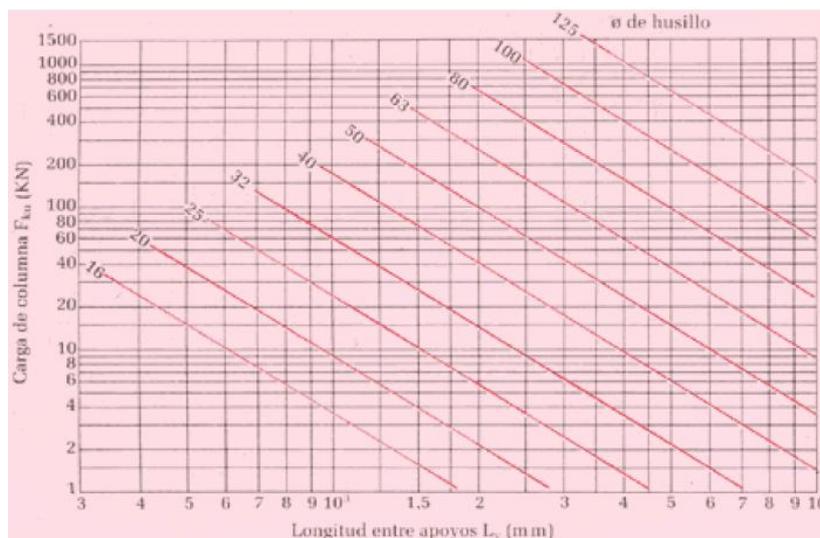


Figura 4.48: Diagrama Carga Columna⁴⁶

⁴⁵http://www.industrialmagza.com/pdf/niasa/husillos_es-MGZ.pdf

Para el factor de corrección de apoyos tomamos el valor de la figura 4.48.

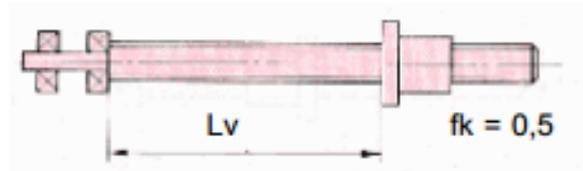


Figura 4.49: Apoyos Carga de Columna⁴⁷

Entonces, el valor de la carga máxima permitida es:

$$F_{ad} = 6KN * 0.5 * 0.8$$

$$F_{ad} = 2.4 KN$$

Ahora como recomienda el manual de selección de tornillos de bolas de la marca SKF, este valor se multiplicará por el factor de seguridad estático, el cual tomamos de la figura 4.49.

Tabla 26: Valores orientativos para el factor de seguridad estática s_0 .

Tipo de funcionamiento	Requerimientos relativos al funcionamiento silencioso						Rodamientos estacionarios de	
	Rodamientos giratorios de:						:	
	no importante		normal		alto		bolas	rodillos
	bolas	rodillos	bolas	rodillos	bolas	rodillos	bolas	rodillos
Suave sin vibraciones	0,5	1	1	1,5	2	3	0,4	0,8
Normal	0,5	1	1	1,5	2	3,5	0,5	1
Cargas de choque notables	$\geq 1,5$	$\geq 2,5$	$\geq 1,5$	≥ 3	≥ 2	≥ 4	≥ 1	≥ 2
Para rodamientos axiales de rodillos a rótula es aconsejable utilizar $s_0 \geq 4$								

Figura 4.50: Factor de Seguridad “ s_0 ”⁴⁸

⁴⁶http://www.industrialmagza.com/pdf/niasa/husillos_es-MGZ.pdf

⁴⁷http://www.industrialmagza.com/pdf/niasa/husillos_es-MGZ.pdf

⁴⁸Elementos de Máquinas, teoría y problemas, Capítulo 7, rodamientos en el diseño mecánico, tabla 26.

$$F_{ad} = 2.4 \text{ KN} * 2 = 4.8 \text{ KN}$$

Cabe mencionar que se tiene una exigencia de factor de seguridad de 2, al tener un trabajo muy preciso, de alta seguridad y sin vibraciones. Ahora, ya teniendo en cuenta la carga máxima se procede a seleccionar un tornillo de bolas de la lista de productos del manual SKF.

Designación SN/BN = Husillo de precisión, juego axial/Husillo de precisión eliminación de juego con bolas sobredimensionadas.

Husillos de Precisión SN/BN

Husillo de bolas con rosca laminada.

Tuerca con recirculación interna.

Versión estándar con guía de recirculación en material compuesto.

Diámetro nominal de 25 mm.

Paso: 10 mm

Cuerpo cilíndrico de diámetro mínimo para facilitar el montaje.

Agujero de lubricación para engrasadores manuales.

Tuerca compacta con juego axial.

En la figura 4.50 se puede observar que el coeficiente de carga estática C_{0a} es de 43.7 KN, mucho mayor a la carga máxima F_{ad} de 4.8 KN, así que este tornillo de bolas es recomendable para este sistema.

Díametro nominal	Paso derecha	Longitud máxima	Coeficientes de carga		Número de circuitos de bolas	Juego axial máximo	Máxima reducción del juego axial (bajo demanda)	Par de precarga BN Promedio T_{pr}	Peso de la tuerca	Peso del husillo (eje)	Inercia del eje del husillo por metro	Referencia
d_0	P_h		C_d	C_{sa}								
mm	mm	mm	kN	kN	—	mm	mm	Nm	kg	kg/m	kgmm ²	
16	5	2000	8,1	12,4	3	0,08	0,05	0,05	0,25	1,3	33	SN/BN 16 x 5 R
20	5	4700	11,7	18,3	3	0,10	0,05	0,08	0,31	2,0	85	SN/BN 20 x 5 R
25	5	4700	13,0	22,7	3	0,10	0,05	0,11	0,34	3,3	224	SN/BN 25 x 5 R
25	10	4700	25,8	43,7	4	0,12	0,08	0,23	0,68	3,5	255	SN/BN 25 x 10 R
32	5	5700	19,1	40,4	4	0,10	0,05	0,21	0,44	5,6	641	SN/BN 32 x 5 R
32	10	5700	22,6	41,8	3	0,12	0,08	0,25	1,10	5,6	639	SN/BN 32 x 10 R
40	5	5700	25,4	63,2	5	0,10	0,05	0,36	0,62	9,0	1639	SN/BN 40 x 5 R
40	10	5700	63,6	127,1	5	0,12	0,08	0,64	1,62	8,4	1437	SN/BN 40 x 10 R
50	10	5700	70,6	157,6	5	0,12	0,08	0,88	1,95	13,6	3736	SN/BN 50 x 10 R
63	10	5700	78,4	202,9	5	0,12	0,08	1,23	2,70	22,0	9913	SN/BN 63 x 10 R

Figura 4.51: Husillos Universales SN/BN⁴⁹

Anexo C: Tornillo de bolas

Así mismo, teniendo conocimiento del tornillo de bolas escogido, se tiene que escoger una tuerca de acero AISI 8620 (ver Anexo K), la cual es indispensable para que gire dentro de los rodamientos y se desplace a lo largo del tornillo de bolas ya establecido.

Tuercas para husillos de bolas

Tuercas para husillos de bolas

Referencia husillo	Tipo de recirculación	Díametro	Paso derecha	Juego axial	Reducción o eliminación de juego	Precarga para rigidez óptima	Accesorios de la tuerca	Accesorios del husillo	Página del catálogo
SN/BN/PN	Interno, mediante guías	16	5	SN	BN	PN	gól		28
		20	5	SN	BN	PN	gól		
		25	5 - 10	SN	BN	PN	gól		
		32	5 - 10	SN	BN	PN	gól		
		40	5 - 10	SN	BN	PN	gól		
		50	10	SN	BN	PN	gól		
		63	10	SN	BN	PN	gól		

Figura 4.52: Tuercas Rotativas SN/BN⁵⁰

Anexo D: Tuerca Rotativa

⁴⁹http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/husillo_de_bolas/skf.1.pdf

⁵⁰http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/husillo_de_bolas/skf.1.pdf

Esta tuerca rotativa será de la clase SN/BN para la compatibilidad del tornillo de bolas y presentará las siguientes características:

Tuerca Rotativa SN/BN

Diámetro 40 mm.

Paso 10 mm.

Facilidad de incorporar y desmontar.

Pequeño y ligero para servomotores de baja potencia.



Figura 4.53: Tornillo de Bolas

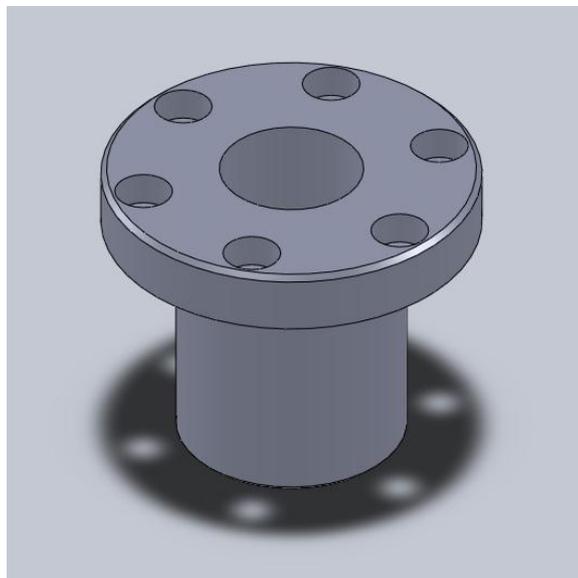


Figura 4.54: Tuerca Rotativa

4.9 SERVO MOTORES

El Servo Motor a utilizar es muy importante dada la exigencia de potencia que se necesita y además la precisión lo cual es fundamental para las prácticas a realizarse, de esta forma las características óptimas para el Servo Motor son:

- Diseño óptimo, prolijo y compacto, larga vida útil en el modo de trabajo nominal.
- Material magnético permanente de tierra rara de alta performance, alta potencia, y gran capacidad de carga.
- Excelente potencial senoidal regenerativo y de corriente, excelente performance a baja velocidad.
- Inercia del motor acorde con la carga.
- Material aislante de nivel F para prolongar la vida del motor.
- Componentes de realimentación importados, rodamientos de bajo ruido originales importados para reducir las vibraciones y el ruido.
- Sellado hermético completo y de alta confiabilidad para satisfacer las necesidades ambientales de la industria.
- Óptima correspondencia con driver servo de CA para lograr una performance inmejorable.

Para poder seleccionar el servomotor se tiene que realizar el siguiente cálculo, el cual permite saber si el servomotor que se desea utilizar es factible y cumple con las demandas de la bancada.

Entonces utilizaremos los siguientes datos como perfil de velocidad que demanda la bancada.

$$J_h = 5,1 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

$$J_e = 5,066 \cdot 10^{-4} \text{ kg.m}^2$$

$$J_T = J_h + J_e = 1,0166 \cdot 10^{-3} \text{ kg.m}^2$$

$$\text{Velocidad max.} = 100 \text{ rev/min} = 2 \cdot \pi / 60 \text{ radians/s} = 10.47 \text{ rad/s}$$

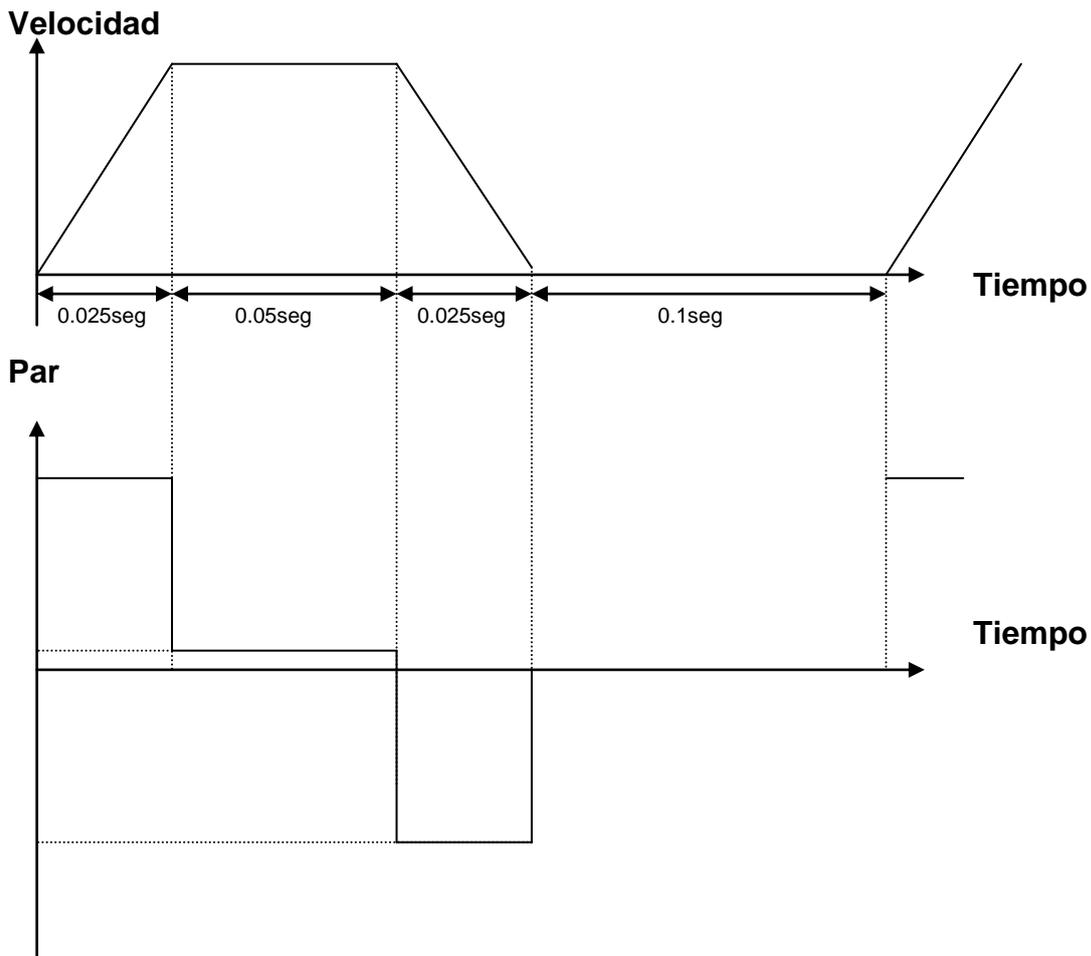


Figura 4.55: Velocidad vs Tiempo – Par vs Tiempo

$$\text{Aceleración } (\alpha) = 10,47/0.025 \text{ rad/s}^2 = 418.88 \text{ rad/s}^2$$

Par de Fricción (T_f) = $r \cdot F$, el par del motor debe superar primero el par de fricción para producir su movimiento, este valor tiende a 0 por lo que no viene especificado en algunos servomotores así que se lo obtiene de forma experimental, donde:

r: radio de la polea en metros.

F: es la fuerza necesaria para vencer la fricción y producir el movimiento.



Figura 4.56: Obtención del torque de fricción (experimental)

$$r = 0.0125 \text{ m}$$

Masa = 1.2 Kg este valor logra vencer la fricción, donde se convierte en la fuerza.
Entonces $1.2 * 9.8 = 11.76 \text{ N}$. Se aplica en la formula:

$$T_f = r * F = 0.0125m * 11.76 = 0.147Nm$$

CÁLCULOS

$$\text{Par de Aceleración } (T_a) = J_T \times \alpha = 1,0166 * 10^{-3} \times 418.88 = 0.426 \text{ Nm}$$

Como la velocidad es muy baja comparada con la que puede dar el motor, podemos escoger una reductora de 1:30 ($3000/100 = 30$).

$$R = 1:30$$

Entonces, la máxima velocidad del motor es

$$\text{Velocidad}_{\text{max}} = R \cdot S = 30 \cdot 100 = 3000rpm$$

La inercia de la carga reflejada es:

$$J_{lm} = \frac{J_T}{R^2} = \frac{1.0166}{30^2} = 1.129 * 10^{-6} \text{ Kgm}^2$$

Entonces, el par es:

Para aceleración/deceleración:

$$T_\alpha = (J_{lm} + J_m) \cdot \alpha \cdot R = (1.129 * 10^{-6} / \eta + J_m) \cdot 418.88 \cdot 30 \text{ Nm}$$

Donde η es la eficiencia mecánica

Para la fricción:

$$T_f = 0.147 \text{ Nm}$$

Entonces, el par final esperado es

- Aceleración: $T_a = T_\alpha + T_f$
- Velocidad constante: $T_c = T_f$
- Deceleración: $T_d = T_f - T_\alpha$
- Parado: $T_s = 0$

Y el par eficaz es
$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_a^2 \cdot t_a + T_c^2 \cdot t_c + T_d^2 \cdot t_d + T_s^2 \cdot t_s}{t_a + t_c + t_d + t_s}}$$

Llegado este momento escogemos el motor que necesitamos.

Recordar algunas cosas:

1. - La velocidad debe concordar con la velocidad máxima que necesita la aplicación.
2. - El par de pico es mayor que el par máximo de la aplicación.
3. - El par nominal debe ser mayor que el par eficaz (rms) de la aplicación.
4. - La relación de inercias debe ser menor de 1:10 (este dato depende del motor)

Ahora se debe escoger un motor (ver Anexo A), revisar el resultado y calcular otra vez para ver si los resultados son satisfactorios:

proporcional a la señal del comando. El servo drive debe ser compatible con el servo motor, por esto al momento de comprar viene incluido así que en este caso como se recomienda el servo motor GSK de 500W sería SJT, también se recomienda el Servo Drive DA98B-05.



Figura 4.58: Servo Drive GSK DA98B-05⁵¹

4.10 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Para las pruebas a realizar en el Laboratorio de Patrones Secundarios de la Subsecretaría de Control, Investigaciones y Aplicaciones Nucleares del Ecuador es necesario contar con un programa estable que no sufra problemas con virus o falta de luz, así mismo que cuente con un set up rápido. Para esto se ha optado por la utilización de controladores lógicos programables, los cuales nos permitirán controlar cada Servo Motor en un solo programa.

Es necesario la utilización de 3 PLC XCM-32T.

⁵¹http://202.67.224.136/pdimage/38/s_2077138_da98a.jpg

- Control de movimiento PLC unidad base
- Fuente de alimentación: 90-240 VAC
- Entrada: 18 DI
- Salida: 14 DO, transistores
- 1 ch AB-fase recuento
- Interpolación circular.
- Support: PID 1 RS485



XCM-32T-E

Figura 4.59: PLC XINJE XCM-32T⁵²

4.11 PANTALLA TÁCTIL⁵³

Para el control de este sistema automático, se utilizará una pantalla táctil, la cual facilitará la entrada de datos y el dar órdenes al dispositivo. A su vez, en

⁵²<http://xlogicusa.com/products-page/plc/xcm32te/#prettyPhoto>

⁵³http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil

esta pantalla se puede observar los resultados que se obtiene, en nuestro caso se podrá visualizar el movimiento de la bancada y configurar su desplazamiento.

Estas pantallas táctiles son adquiridas para el uso en industrias pesadas, donde al usuario le permiten un rápido control, satisfactorio y exacto con el contenido de su proyecto, a diferencia de trabajar con un computador el cual siempre trae complicaciones de virus y cortes de energía, y donde los teclados y mouse no permiten una interacción rápida.

Para este sistema automático se recomienda la utilización de la pantalla táctil TP769-T la cual tiene las siguientes características:

Tabla 4.2: Descripción TP760-T

Referencia	TP-760-T
Display	7 inch
Area de Display	480 x 234 pixeles
Memoria	Pantalla: 4 MB ROM, Datos: 4 KB RAM
Alimentacion	24 VDC
Interfaces	Descarga: RS232 Conunicacion: RS232 / RS485
PLCs compatibles	Siemens S7-200/300/400, Omron C, Mitsubishi FX, Schneider, Emerson EC20.
Marca	XINJE
Existencia en el país	Inmediata



Figura 4.60: TP760-T⁵⁴

4.12 Recomendación de Elementos Analizados

En el diseño de la bancada XYZ, se ha podido analizar varios elementos los cuales han sido aprobados y se puede recomendar para que una vez culminado el diseño, se empiece la construcción de este proyecto. Por consiguiente se tiene anexado varios catálogos que contienen dichos elementos y donde se especifica cuál de ellos se ha seleccionado y se tiene un análisis sobre su resistencia y funcionalidad para este proyecto.

⁵⁴<http://image.made-in-china.com/2f1j00SBvarNPWAqoD/TP-Series-Touch-Screen-7-TP760-T.jpg>

CAPITULO V: ELABORACIÓN DEL PROGRAMA

El capítulo de elaboración del programa presentará anexado en un CD el software para su utilización como lo pidió la Subsecretaria de Control Investigación y Aplicaciones Nucleares (SCIAN), además de este se presentará como un tutorial la manera en que se elaboró el programa y que software fue utilizado, así mismo como las cualidades que presenta y el porqué de su preferencia, debido a que en el mercado existen varias empresas muy conocidas, y cada una presenta su software para la utilización de sus equipos, claro que en el momento de la programación, el lenguaje utilizado es el mismo lo cual nos permite trabajar con cualquier empresa de nuestra preferencia.

5.1 SOFTWARE Y DESARROLLO DE LA PROGRAMACIÓN.

La solución para el control de la bancada XYZ, es en sí un software HMI/SCADA (Interfaz humano máquina / Supervisión, control y adquisición de datos), el cual permite un posicionado de manera fácil para el control que se requiere.

El HMI se desarrolla en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphy, etc. Y estos HMI vienen como paquetes con las funciones estándar de SCADA como por ejemplo WinCC, Wonderware, etc.

El principal objetivo de la utilización de un software HMI es el tener funciones de monitoreo del sistema completo, con lectura de posiciones, una supervisión que permita configurar el funcionamiento, un control completo del sistema para llegar con facilidad a las posiciones requeridas, reportando que límite de estas distancias y un historial o memoria de posición que garantice la repetibilidad del proceso.

Ahora la aplicación de software SCADA comunicará los dispositivos de la bancada, controlándolos desde la pantalla táctil, así que el SCADA es nuestro diseño de funciones para la pantalla el cuál se indicará como se desarrollará y que funciones prestará.

Ahora, en el mercado existen varias empresas las cuales presentan su software para la utilización de sus controladores lógicos programables (PLC). En nuestro caso al no tener realizada la compra del equipo, se pidió la elaboración del programa con el cual se controlará el sistema. El lenguaje es el mismo para cualquier PLC, pero lo que se requiere es tener una demostración de su funcionamiento y es aquí donde interviene el software Wonderware InTouch, ya que este programa contiene un simulador de PLC, el cual permite realizar el programa y presentar su funcionamiento sin la necesidad de tener conectado al equipo.

Se comenzará con la instalación del software, el cual requiere como características ser instalado bajo Windows XP, una memoria de 1.00 GB de RAM y un espacio de memoria no menos de 5 GB.

Cuando ya se tiene el programa se comenzará abriendo y creando un nuevo proyecto con el nombre que se desea el cual se aplica a las 3 veces que se pide y se da siguiente y aceptar, luego se lo abre y se puede comenzar a trabajar en el mismo como se muestra en la figura 5.1.

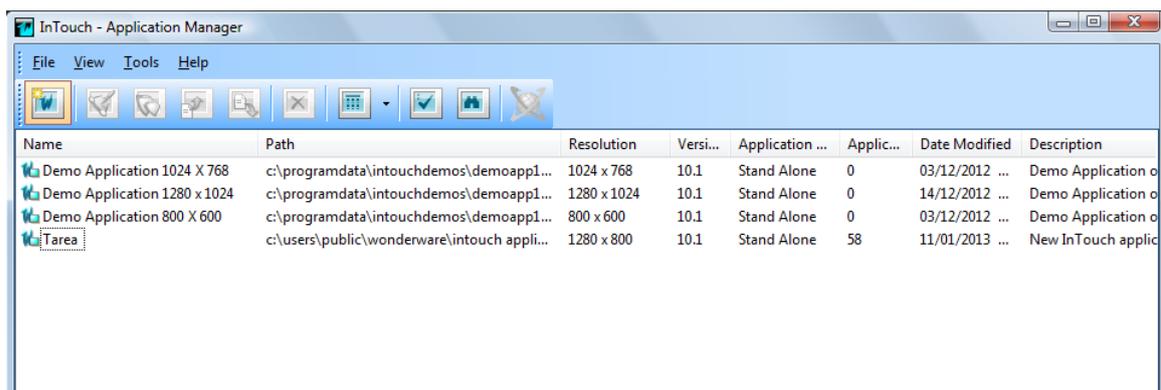


Figura 5.1: Proyecto Nuevo

Aquí se comenzará creando una página nueva, cabe mencionar que estas páginas son las que se presentarán en la pantalla InTouch. Como se muestra en la figura 5.2 se pone el nombre que se desea a la página nueva y luego ok.

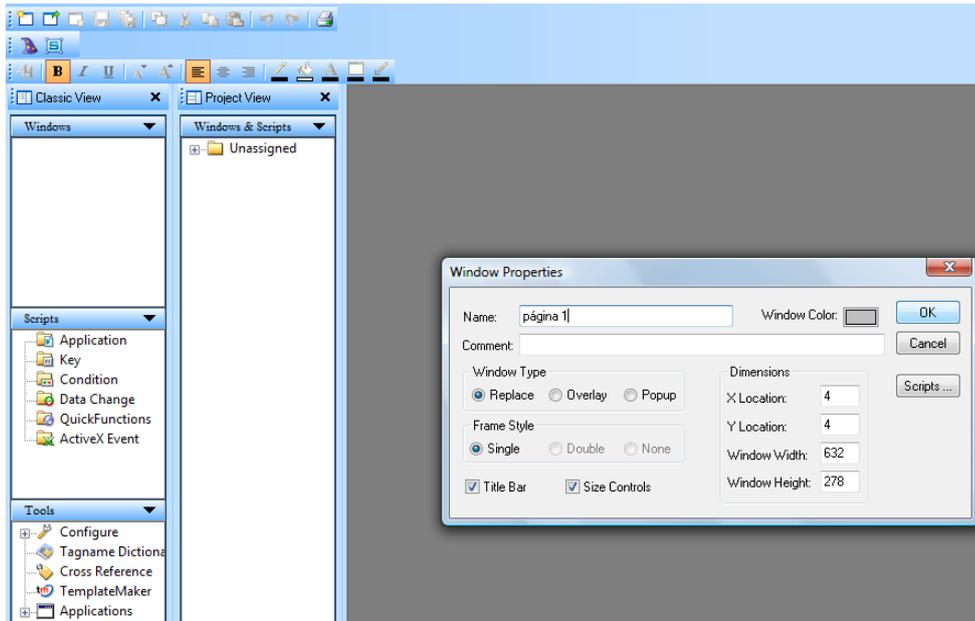


Figura 5.2: Página Nueva

Ahora lo principal es tener en cuenta lo que se va a necesitar, así que primero se creará una presentación lo cual para tener una imagen de fondo se abre un “bitmap” que se encuentra a la derecha de la pantalla y luego al abrir el cuadro, se hace clic derecho y se selecciona “import image” como se muestra en la figura 5.3, aquí se puede subir la imagen que se desee.

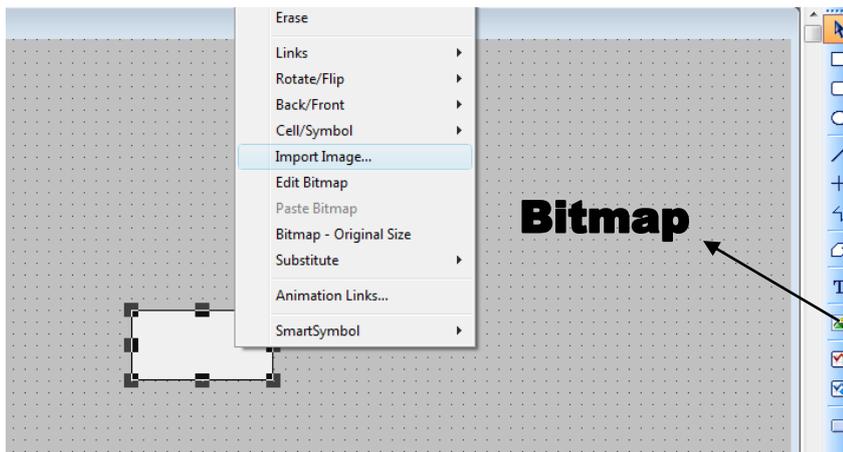


Figura 5.3: Bitmap

Ahora se creará varias pantallas, en este caso la pantalla principal donde se tendrá las principales funciones. Así que en la nueva imagen se creará un botón seleccionando de la parte derecha, luego se lo ubica y para modificar el

nombre, se pone clic derecho en el botón, y en “substitute” se selecciona “substitute strings” como se indica en la figura 5.4.

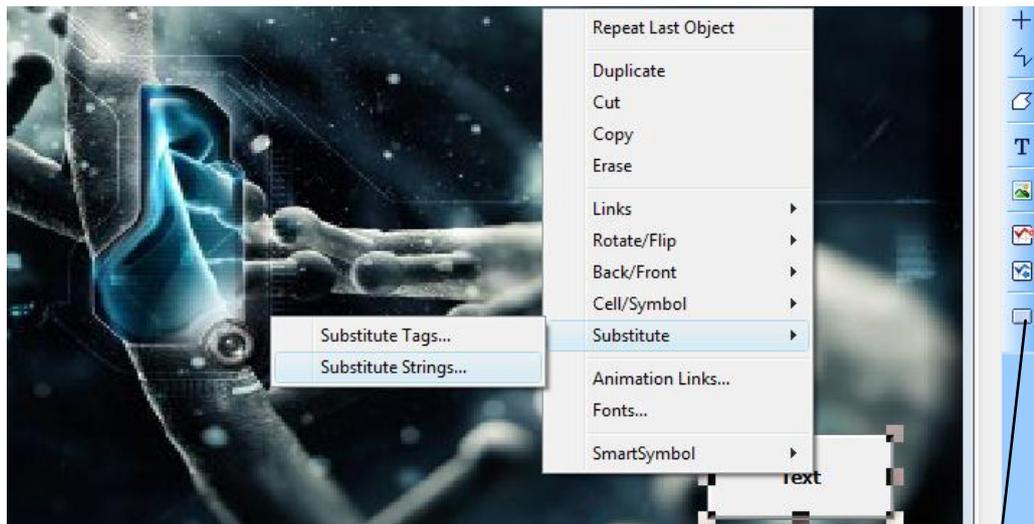


Figura 5.4: Button

Button

Ahora la manera de que en programa se pueda cambiar de página al presionar el botón, se debe darle esa función, como se muestra en la figura 5.5 se hace doble clic y entramos en “show window”, en la ventana que aparece se selecciona la página la que queremos enlazar y damos ok.

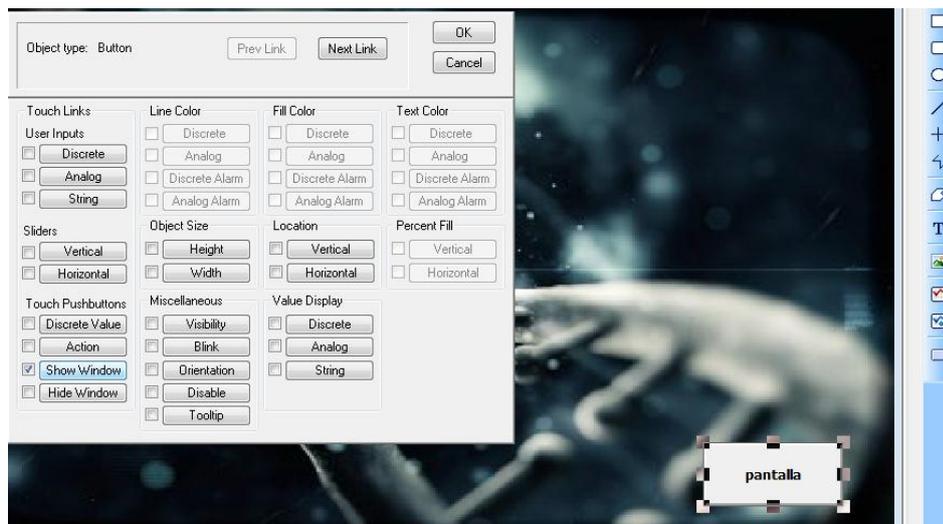


Figura 5.4: Button

Lo mismo se hace para la otra pantalla, se crea el botón con el cual se quiere regresar, así se puede cambiar las veces que se desea.

Ahora de esta manera se creará las imágenes siguientes con sus respectivos botones. La figura 5.5 es la presentación del sistema, que contiene dos imágenes y el botón que llevará directamente a la pantalla principal, así para cada ventana creada se conoce como insertar las imágenes como fondo de pantalla, lo mismo sucederá con los botones para cambiar de ventanas los cuales estarán enlazados con los nombres que tienen.



Figura 5.5: Presentación

Siguiente a esta, se tiene la pantalla principal, la cual tiene un fondo de pantalla de la bancada XYZ y cuatro botones. Como se observa en la figura 5.6 está el botón al proceso manual y el botón al proceso automático, además el botón que llevará a la configuración y otro botón de regreso a la presentación.

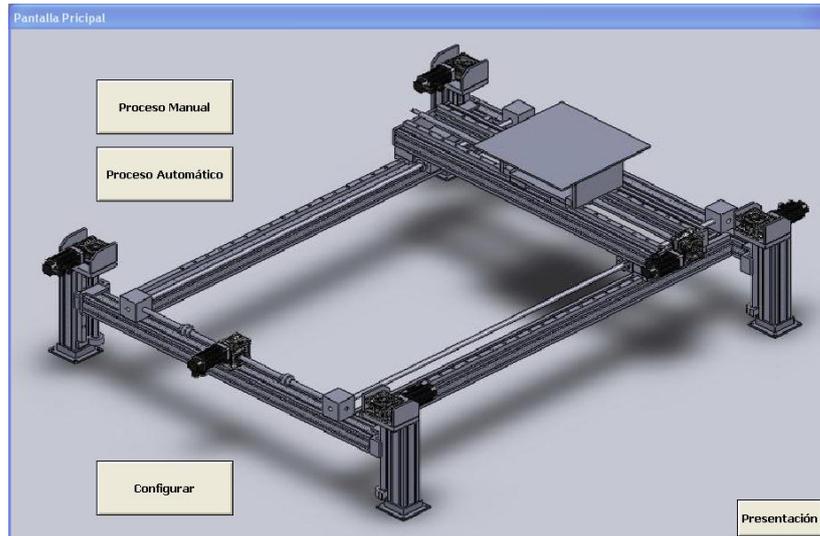


Figura 5.6: Pantalla Principal

En la figura 5.7 muestra el proceso manual, el cual está listo para ejecutar, en caso de que sea necesario desplazamientos pequeño, se puede realizar aquí con las flechas que se observa, al presionar se aumenta o disminuye el valor para los ejes X y Y en una apreciación de una décima de milimetro. La longitud máxima de desplazamiento es de 1600mm para el Eje Y y de 2000 mm para el Eje X. Además si tiene el botón de home, el cuál llevara la bancada a posición establecida $x=0$, $y=0$ y $z=0$, la cual puede ser modificada en la opción “configurar” lo mismo sucede con el botón memoria el cual almacena una posición específica. Aquí también se tiene un botón para el eje Z el cual lleva a otra ventana.

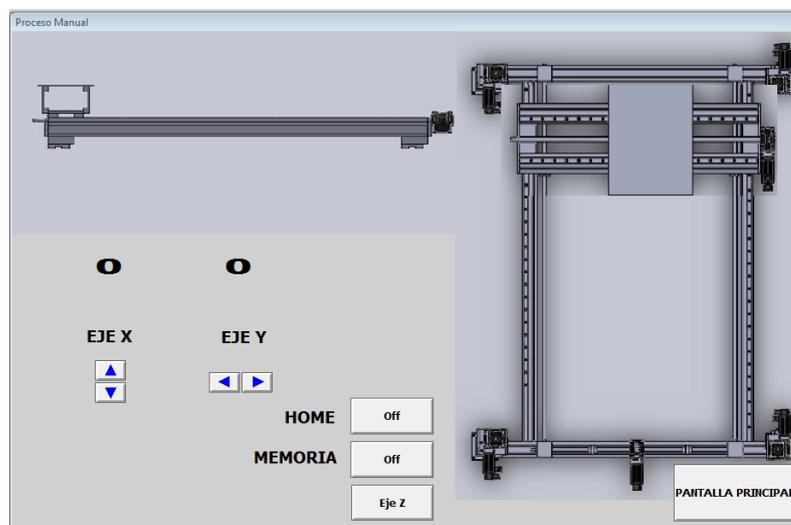


Figura 5.7: Proceso Manual

Ahora, a estos botones se les pone una expresión que puede ser una letra o una palabra con la cual más tarde se le da una función. Para el contador que se quiere, se le da doble clic y como se ve en la figura 5.8 se selecciona “analog” y en la ventana que se abre le se le nombre como “m” y ok.

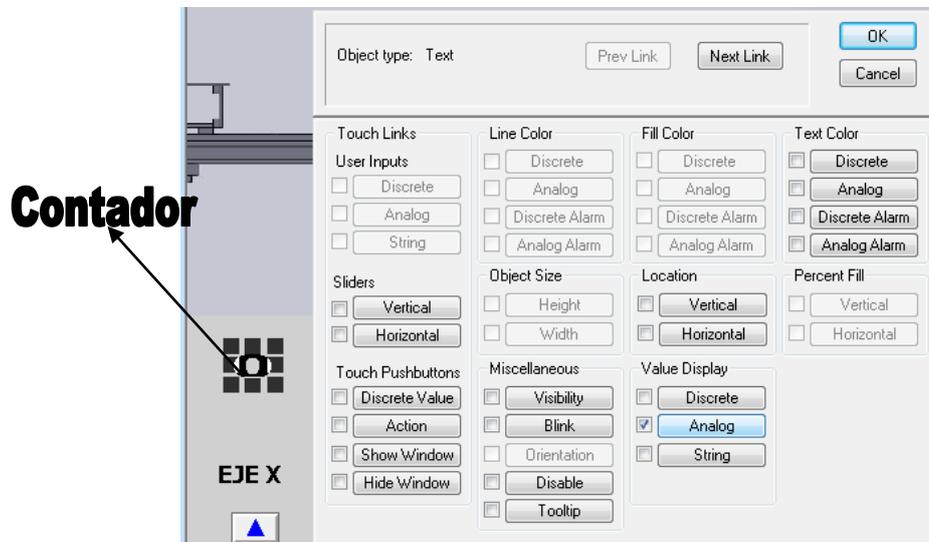


Figura 5.8: Value Display - Analog

El siguiente contador se lo nombra con la letra “n”, al darle una letra, el programa pide que identifiquemos que tipo de expresión es, y directamente se envía al diccionario de expresiones “tagname dictionary”, ahí se entra en type como en la figura 5.9, y se le nombre como una memoria real, esto significa que presentará el valor en números al que equivale esa expresión.

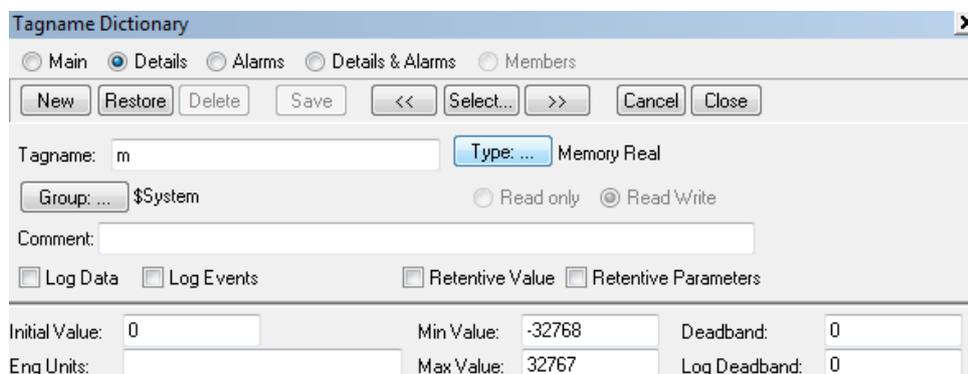


Figura 5.9: Tagname Dictionary

Para los botones que contienen posiciones establecidas, se les da otra función. Al dar doble clic se selecciona “discrete” como se ve en la figura 5.10,

igual pedirá un tagname, al cual le se dará home al primer botón y memoria al segundo botón. Y cuando pida que se defina la expresión se seleccionará tipo “memory discrete”.

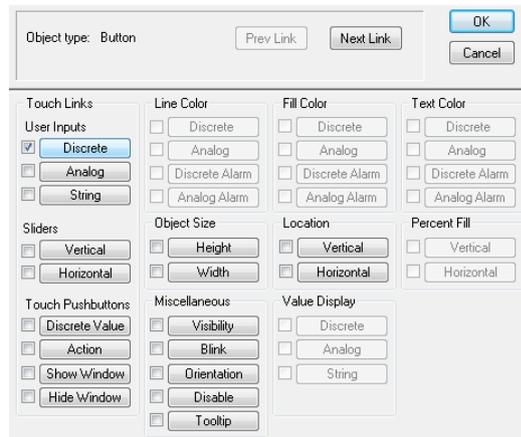


Figura 5.10: User Inputs – Discrete

Los botones con las flechas son especiales, para esto se abrirá wizards como se observa en la figura 5.11, aquí se irá a buttons y se seleccionará los botones que se quiere. A estos botones también se les debe dar una expresión, pero se quiere enlazar con los contadores que son los que presentarán el valor, así que los tagname serán “m” y “n” respectivamente.

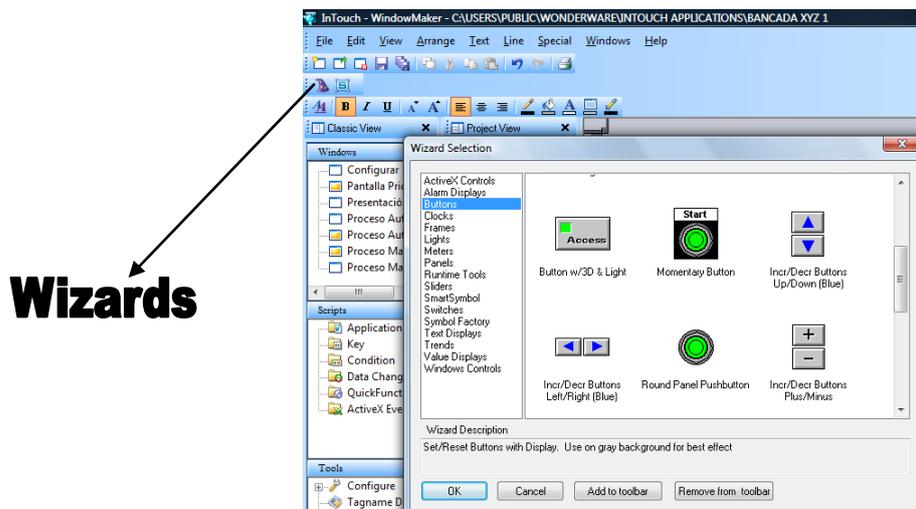


Figura 5.11: Wizards

Ahora en la ventana que se está diseñando, se usará los gráficos de la bancada como slider de movimiento, por lo cual deben ser imágenes separadas.

Como se observa en la figura 5.12, a la imagen del soporte se la dará la función de slider horizontal.

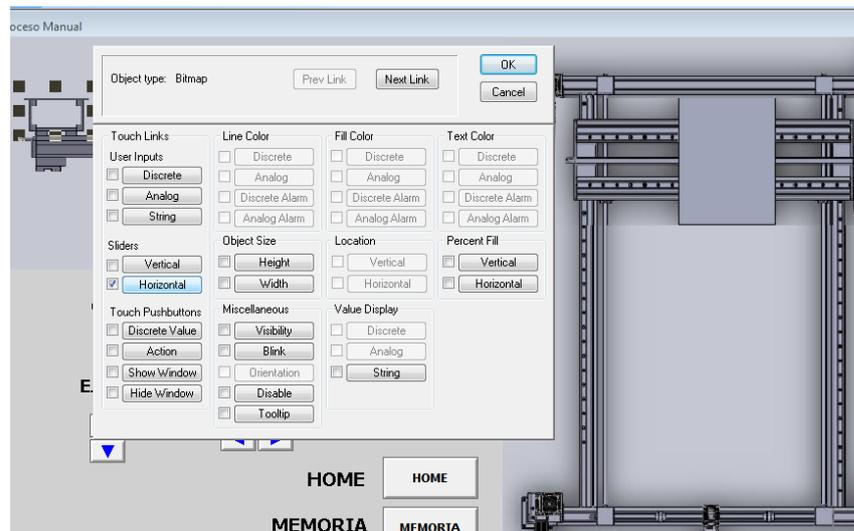


Figura 5.12: Sliders horizontal

Luego de seleccionar slider horizontal, pedirá que se asigne una expresión. El tagname debe estar enlazado con el valor que se va a variar, el cual sería en este caso n para el eje X y m para el eje Y. como se observa en la figura 5.13 y 5.14, se debe establecer el tamaño de la imagen y cuanto debe ser su desplazamiento en cual es 1600 mm para el eje Y y 2000 mm para el eje X.

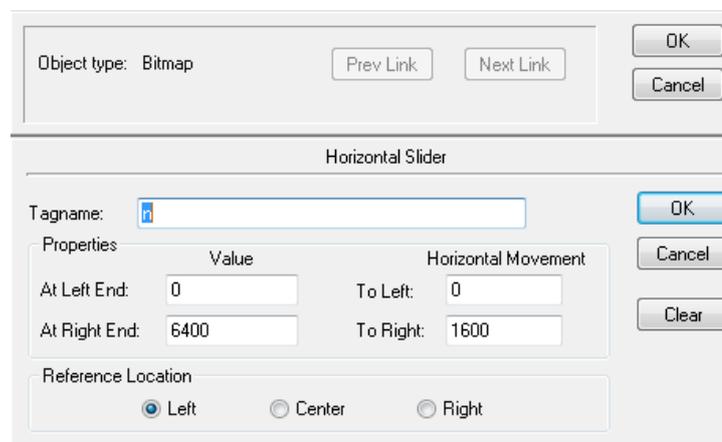


Figura 5.13: Desplazamiento del Slider Horizontal Eje Y

Para el eje X se selecciona el slider vertical y se realiza los mismos pasos, cambiando los valores como se muestra en la figura 5.14.

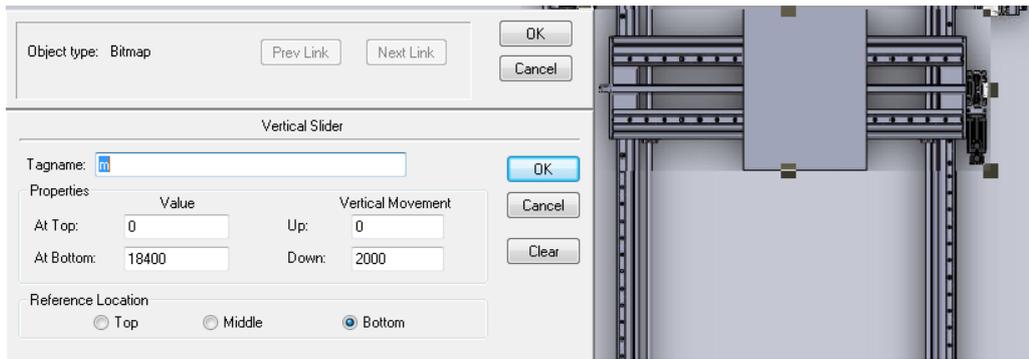


Figura 5.14: Desplazamiento del Slider Vertical Eje X

En la figura 5.15 se tiene el eje Z para cada una de las bases, aquí se puede subir o bajar la bancada, la longitud de desplazamiento de máximo de 300 mm. De la misma manera la apreciación es de una décima de milímetro. Aquí se creará botones desde wizards y para los ejes se les pondrá las expresiones z1, z2, z3 y z4 respectivamente y se enlazará con los mismos tagname a los contadores respectivos como se observa en la figura, de la misma manera se enlaza con el grafico que se desea desplazar. En la figura 5.16 se observa que a estos tagname se los identifica como tipo “memory real”.

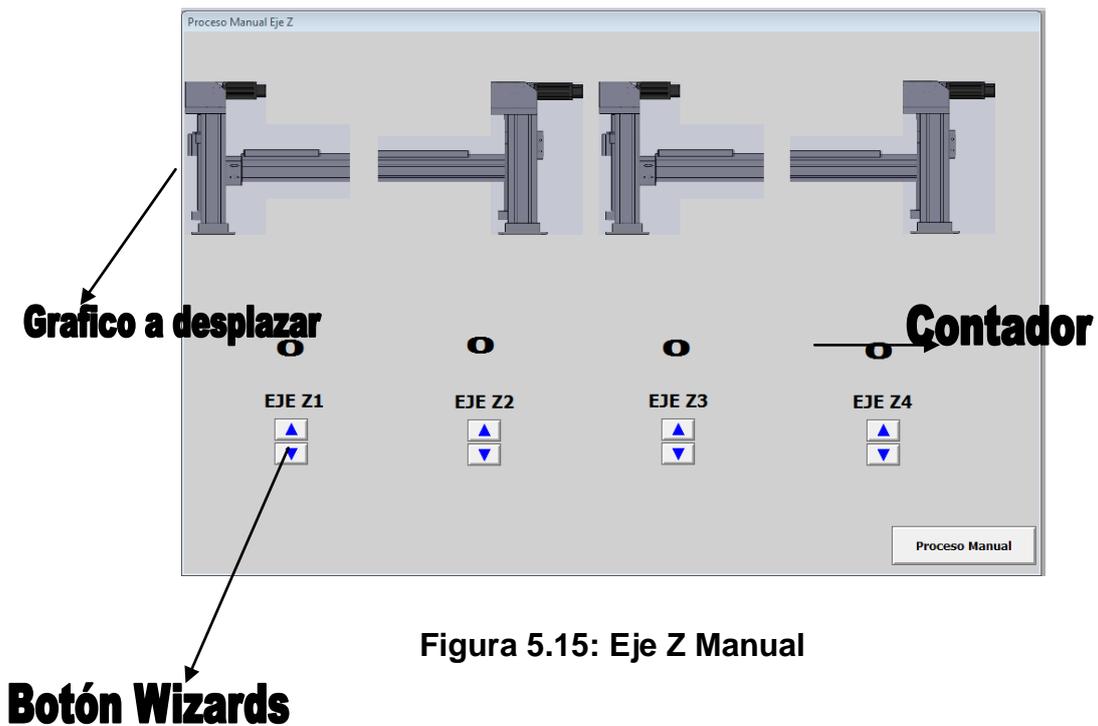


Figura 5.15: Eje Z Manual

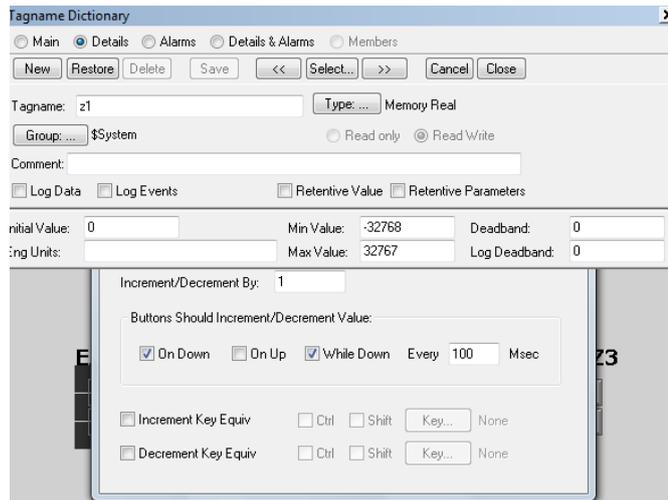


Figura 5.16: Eje Z Manual

Para el proceso automático, se puede observar en la figura 5.17, donde al igual se tiene el Eje Y y el Eje X, donde se tiene que colocar el valor y luego se presionar en “START”, así el eje se situará en la posición indicada. . La longitud máxima de desplazamiento es de 1600mm para el Eje Y y de 2000 mm para el Eje X. Además se tiene el botón de home, el cuál llevara la bancada a posición establecida al igual con el botón memoria. El valor de apreciación también se lo puede modificar, así el valor de desplazamiento será mayor. De la misma manera se tiene el botón para el Eje Z.

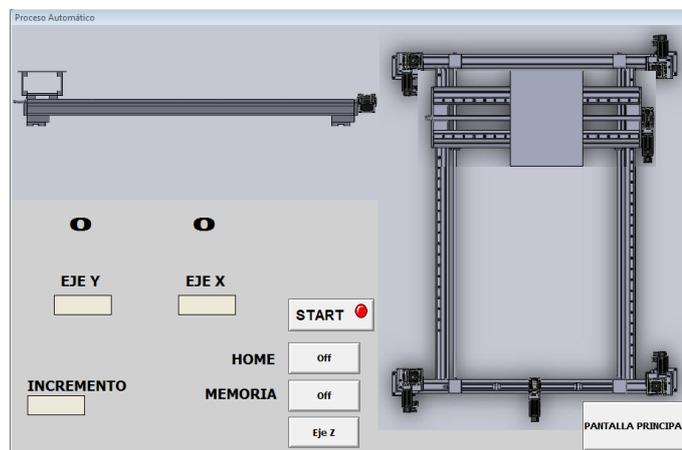


Figura 5.17: Proceso Automático

El botón “start”, también es un botón que se obtiene de wizards, y como se observa en la figura 5.18 al dar doble clic se abre una ventana donde se pide un

nombre y donde se puede modificar el texto y los colores. El tagname que se da es “ona” y luego también pedirá que se seleccione que tipo de expresión es, al cual se seleccionará “memory discrete”.

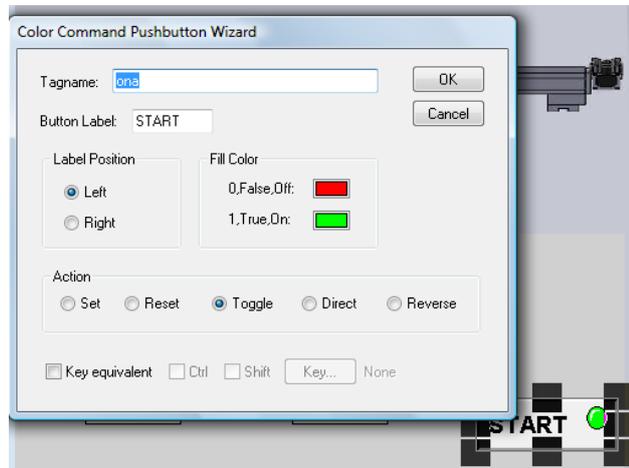


Figura 5.18: Botón START

El cuadro donde se ingresa los valores de posición para el eje X y el eje Y al igual que el incremento, se debe primero crear un rectángulo de la barra de herramientas de la derecha, luego a este rectángulo se le hace doble clic y se le da la función “analog” de “user inputs” como se muestra en la figura 5.19.

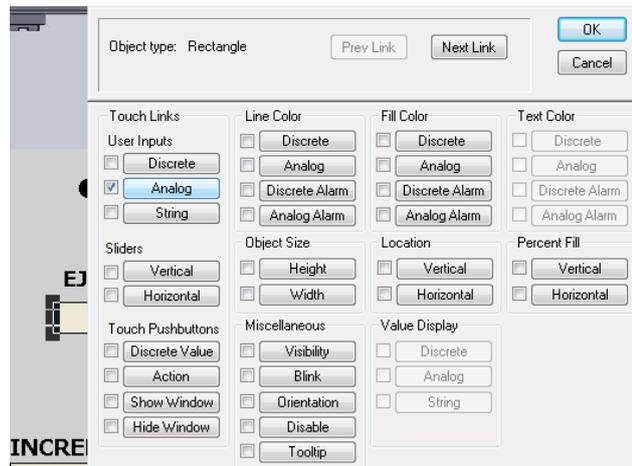


Figura 5.19: Función User Inputs - Analog

En la figura 5.20 se puede observar el tagname que se da para cada rectángulo de valores, los que serían “vya” para el eje y, “vxa” para el eje x y para el incremento “inc”. A cada uno de estos se les da su máximo valor, los cuales ya

se conoce. Luego de establecer los tagname, se pedirá que se identifique su tipo, el cual será “memory real” para cada uno.

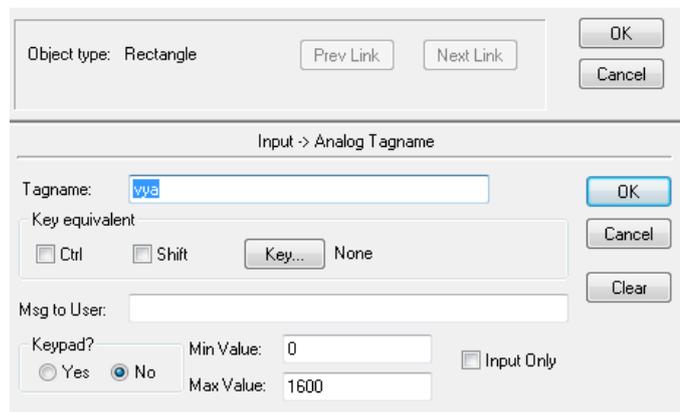


Figura 5.20: Analog Tagname

En el eje Z del proceso automático activa los cuatro servomotores y desplaza los cuatro soportes al mismo tiempo, una manera más rápida y que no presentará problemas para desplazarse a lo largo de los 300 mm. Así mismo tiene el botón home el cual llevará la bancada a la posición 0 la cual es lo más alto que puede estar la bancada, de ahí puede bajar 300 mm, al igual que el botón memoria son posiciones ya establecidas. El valor de apreciación también se lo puede modificar, así el valor de desplazamiento será mayor.

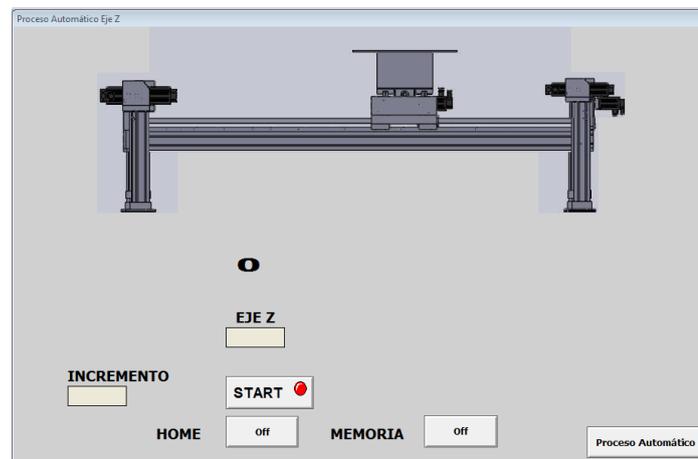


Figura 5.21: Eje Z Proceso Automático

Aquí se las expresiones usadas para cada recuadro son “inc” para incremento, “vza” para los valores del eje Z, para el botón start será “ona” y para

los botones de posición específica será “homeza” para home y “memoriaza” para memoria los cuales serán tipo “memory discrete” en el tagname dictionary.

Object type: Rectangle Prev Link Next Link OK Cancel

Input -> Analog Tagname

Tagname: vza OK

Key equivalent

Ctrl Shift Key... None Cancel

Msg to User: Clear

Keypad? Min Value: 0 Input Only

Yes No Max Value: 300

Figura 5.22: Tagname Eje Z automático

En configurar, como muestra la figura 5.23 se tiene los valores para la posición home, además se tiene los valores para la posición memoria los cuales se pueden modificar y así tener otra posición de retorno. Los tagname para cada uno son en “home” para eje X es “vxha”, para eje Y es “vyha” y para eje Z “vzha”. Para la posición “memoria” en el eje X es “vxb”, en el eje Y es “xyb” y para el eje Z es “vzb”. Todos estos tagname son de tipo “memory real”.



Figura 5.23: Configurar

Los botones de ventanas deben estar enlazados con sus respectivos nombres, como se observa si es de pantalla principal, se enlaza esa ventana para el retorno a la pantalla principal como se indico anteriormente.

Una vez terminada las páginas con sus respectivos botones y caracteres, se va a introducir el “script”, el cuál sería la programación en sí, y ordena que funciones deba cumplir cada elemento. Para esto, en el recuadro scripts que se tiene a la izquierda, se dará doble clic en application y se introduce la siguiente programación:

```
IF ona == 1 THEN
  IF n <= vya - 1 THEN
    n = n + inc;
  ELSE
    ona = 1;
  ENDIF;
  IF n >= vya + 1 THEN
    n = n - inc;
  ELSE
    ona = 1;
  ENDIF;
ENDIF;
IF ona == 1 THEN
  IF m <= vxa - 1 THEN
    m = m + inc;
  ELSE
    ona = 1;
  ENDIF;
  IF m >= vxa + 1 THEN
```

```
        m = m - inc;
ELSE
    ona = 1;
ENDIF;
ENDIF;
IF home == 1 THEN
    IF n >= vxha + 1 THEN
        n = n - 1;
    ELSE
        IF n <= vxha - 1 THEN
            n = n + 1;
        ELSE
            IF m >= vyha + 1 THEN
                m = m - 1;
            ELSE
                IF m <= vyha - 1 THEN
                    m = m + 1;
                ELSE
                    home = 0;
                ENDIF;
            ENDIF;
        ENDIF;
    ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
IF ona == 1 THEN
    IF o <= vza - 1 THEN
        o = o + inc;
```

```
ELSE
    ona = 1;
ENDIF;
IF o >= vza + 1 THEN
    o = o - inc;
ELSE
    ona = 1;
ENDIF;
ENDIF;
IF homeza == 1 THEN
    IF o >= vzha + 1 THEN
        o = o - 1;
    ELSE
        IF o <= vzha - 1 THEN
            o = o + 1;
        ELSE
            homeza = 0;
        ENDIF;
    ENDIF;
ENDIF;
ENDIF;
IF memoria == 1 THEN
    IF n >= vxb + 1 THEN
        n = n - 1;
    ELSE
        IF n <= vxb - 1 THEN
            n = n + 1;
        ELSE
```


5.2 DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

En la figura 5.24 se puede observar la conexión de la pantalla táctil al Controlador Lógico Programable, aquí esta conexión esta realizada mediante un Ethernet (acceso múltiple de redes de área local) el cual permite la transmisión de datos, además también estará en un principio enlazado al computador el cual subirá el SCADA a la pantalla táctil. Una vez que se suba el SCADA, se enciende la pantalla y se puede observar en la luces del PLC que recibe las señales.

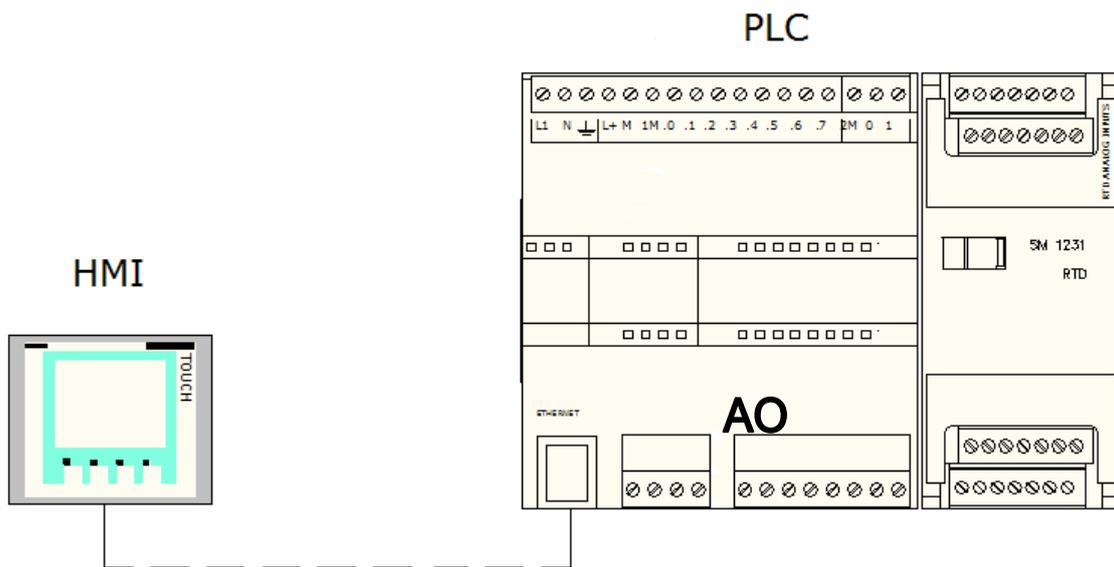


Figura 5.24: Conexión Pantalla Táctil - PLC

Desde el HMI se conectará a las entradas análogas, y desde la salida análoga se conectara hacia el servo drive, depende de cada PLC cuantas AO's (Analog Output/ salidas análogas) tenga, esta enviará la señal de la variable que contiene la posición de cada eje. Como se puede observar en la figura 5.25 se tiene la conexión del servo drive, al cual se conectan tres cables importantes que son: la señal del controlador superior CN1, el cable encoder CN2 y la de comunicación CN3.



Figura 5.25: Conexión Servo Drive ⁵⁵

Upper Controller Signal/Señal del controlador Superior: Este conexión lleva las señales del PLC, entonces el Servo Drive de esta manera recibe las variables que viene desde el controlador lógico programable.

Encoder Cable⁵⁶: el enconder no es más que un transductor el cual convierte movimiento angular en una serie de impulsos digitales, así que este

⁵⁵http://www.efesotomasyon.com/html/mecapion/servo_PANAROMA.pdf

cable conecta el Servo Drive al Servo Motor, así controla los desplazamientos de tipo lineal en el tornillo de bolas. Pero el PLC es el que elabora las señales eléctricas de rotación.

Communication/Comunicación: Esta conexión permite realizar cambios o configurar el Servo Drive, con la ayuda del manual se puede obtener lectura en el display sobre el torque que se ejerce o cambiar el sistema de unidades que da el Servo Drive.

5.3 SOFTWARE Y PROGRAMA

El software y el programa se encuentran en el CD adjunto.

⁵⁶<http://www.setecindca.com/descargas/encoders/encoder-eltra.pdf>

CAPITULO VI: ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

El análisis económico y financiero determina cual es el costo de todos los recursos y elementos que son necesarios para la realización de este proyecto, cuál será el costo total de la bancada (abarcando la producción y servicios), así como otras que al final colaborarán en este proyecto para su evaluación económica. Los datos de inversión fija son la base para calcular un proyectado, el cuál indicará los beneficios o equilibrio en el estado de resultados. Al ser una empresa pública, se conoce que será una inversión total para la construcción de este proyecto, lo cual facilitó la investigación de los gastos y los ingresos que se obtienen de las pruebas que se realizan en el Laboratorio de Patrones Secundarios del Ecuador.

6.1 COTIZACIÓN DEL PROYECTO.

Tabla 6.1: Cotización del Proyecto

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO	DESCTO.	TOTAL
1	SERVOMOTOR 500W + SERVO DRIVE, DA98B-05-80SJT-M024C GSK	7	2300.00	5%	15295.00
2	REDUCTORAS CM50 i:30 TRANSTECNO	4	600.00	5%	2280.00
3	MTS DE GUIAS LINEALES	8	1000.00	5%	7600.00
4	MTS DE TORNILLO DE BOLAS CON TUERCA	8	1000.00	5%	7600.00
5	TABLERO DE PROTECCIONES	1	400.00	5%	380.00
6	PLC XCM-32T	3	1200.00	5%	3420.00
7	TP-760	1	1200.00	5%	1140.00
8	CABLE PLC-OP	1	60.00	5%	57.00
9	CABLE PLC-PC	1	60.00	5%	57.00
10	FUENTE DE PODER 2.5A	1	120.00	5%	114.00
11	MESA DE PERFIL ESTRUCTURA	1	9000.00	5%	8550.00
12	MANO DE OBRA, ARMADO Y PRUEBAS PROGRAMACIÓN	1	2000.00		2000.00
12	MATERIAL MENUDO Y VARIOS FIN DE CARRERAS-SENSORES	1	2000.00		2000.00
13	PROFORMA DE PLACAS	1	1130.19		1130.19
14	REMUNERACIÓN	1	1276.00		1276.00
				subtotal	52899.19
				IVA	6347.90
				TOTAL	59247.09

6.2 FLUJO DE CAJA⁵⁷

El flujo de caja, es el flujo de entrada y salida de efectivos en un tiempo determinado.

Para esto, en entrada es el ingreso de dinero que tendrá el inversionista en este caso el ministerio en un determinado tiempo, y así mismo la salida serán los gastos e inversiones que se realizarán en el mismo tiempo.

Tabla 6.2: Flujo de Caja

FLUJO DE CAJA (EN DÓLARES)						
DESCRIPCIÓN	AÑOS					
	0	2013	2014	2015	2016	2017
INVERSIONES						
Capital de Trabajo	-59247.09	-	-	-	-	-
EGRESOS						
Mantenimiento	-	-1000	-1000	-1000	-1000	-1000
Calibración de Instrumentos	-					-3000
INGRESOS						
Calibración de detector de protección	-	140000	154000	169400	186340	204974
Calibración de dosímetros	-	7200	7200	7200	7200	7200
GASTOS OTROS						
Mano de Obra	-	-500	-500	-500	-500	-500
Luz	-	-2500	-2500	-2500	-2500	-2500
FLUJO DE CAJA PROYECTADO	-59247.09	143200	157200	172600	189540	205174

⁵⁷http://es.wikipedia.org/wiki/Flujo_de_caja

6.3 VALOR ACTUAL NETO (VAN) ⁵⁸

El VAN es el método de evaluación para calcular el valor presente neto del proyecto a realizar, por medio de la actualización de los costos de entrada y salida, lo cual viene del capital de la empresa.

El resultado que se obtiene del VAN se lo discierne de la siguiente manera:

Si $VAN \geq 0$; es productivo realizar la inversión en el proyecto, ya que se estaría ganando mucho más de lo invertido.

Si $VAN \leq 0$; no se debe invertir en el proyecto ya que no es favorable y se estaría perdiendo dinero.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Formula6.1: VAN ⁵⁹

V_t : representa los flujos de caja en cada periodo t.

I_0 : es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n : es el número de períodos considerado.

K : representa el interés, si el proyecto no tiene préstamo, no tendrá riesgo y no tendrá interés.

⁵⁸SAPAG CHAIN, Nassir, *Evaluación de proyecto de inversión en las empresas*, 1era edición, Mc, Mac Graw Hill, Argentina-Buenos Aires 2001, p.228.

⁵⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Valor_actual_netto

Tabla 6.3: VAN Del Proyecto

VAN DEL PROYECTO		
AÑOS		FLUJO NETO
0	0	-59247.09
1	2013	143200
2	2014	157200
3	2015	172600
4	2016	189540
5	2017	205174
VAN DEL PROYECTO		808466.91

6.4 TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) ⁶⁰

La tasa interna de retorno es el promedio de los efectivos futuros esperados de una inversión para un proyecto. Este criterio de evaluación mide la rentabilidad en porcentaje.

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

La tasa Interna de Retorno es el descuento que tiene como característica hacer el VAN igual a o.

F_t : es el Flujo de Caja en el periodo t.

n : es el número de periodos.

I : es el valor de la inversión inicial.

⁶⁰http://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_interna_de_retorno

Tabla 6.4: TIR Del Proyecto

TIR DEL PROYECTO		
AÑOS		FLUJO NETO
0	0	-59247.09
1	2013	143200
2	2014	157200
3	2015	172600
4	2016	189540
5	2017	205174
TIR DEL PROYECTO		251%

El valor de la tasa interna de retorno, demuestra lo rápido que se recupera la inversión, y al ser una inversión con presupuesto propio del ministerio, no se tiene interés de riesgo país. Podría parecer un valor sobredimensionado pero la gran demanda que existe en el mercado, exige a que se implemente un moderno sistema para calibración de patrones dosimétricos.

CAPITULO VII: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El propósito de este capítulo es el de presentar las conclusiones que se obtuvieron del presente diseño, a partir de los cálculos y análisis de los resultados donde los valores deben ser interpretados de la mejor manera para una mejor comprensión del sistema con el afán de realizar la construcción. Así mismo el poder incluir las recomendaciones que se consideren convenientes.

7.1 CONCLUSIONES.

El diseño de un sistema automático con movimientos XYZ puede ser un proceso largo y tedioso, pero gracias a la robótica y a la automatización este proceso puede ser más corto, siempre que vaya de la mano con una investigación, esto significa hacer uso de elementos y dispositivos que disminuyan el tiempo de diseño, su costo y presten una mayor eficiencia.

En un sistema automático, se debe tener presente al momento de la construcción el no utilizar jamás un final de carrera como tope mecánico, ya que la parte móvil es la que debe accionar el final de carrera, pero este debe permitir que siga su recorrido hasta llegar al tope mecánico o continuar si no existiera dicho tope mecánico.

Cuando un motor se controla en conjunto con un sensor de posición o velocidad, se considera un “servomotor”.

Uno de los aspectos más importantes que se puede resaltar en este proyecto, es el del control del servomotor mediante una pantalla táctil, donde la fusión de un elemento mecánico y un dispositivo electrónico permiten un control total y confiable para este uso investigativo y de ensayos precisos como se requiere.

Un proyecto que para su inversión no presenta préstamos de ningún tipo, no presenta riesgo de ningún tipo de interés económico, sólo se presentará un flujo económico proyectado.

Finalmente se puede concluir que todos los objetivos planteados en un inicio, fueron completados con gran éxito, esto debido a la gran investigación y apoyo que se recibió previamente para el diseño y a su vez la programación lo cual era un tema completamente nuevo.

7.2 RECOMENDACIONES.

Como un aspecto delicado de este proyecto, es conveniente mencionar que se debe utilizar la misma marca para los servomotores que se va a utilizar, como en este proyecto que son siete, esto simplificaría y sería un ahorro en el tiempo de programación, ajustes y también en su calibración. Lo mismo es para los dispositivos a utilizar, los cuales es recomendable que sean fáciles de adquirir y no tener dificultades con repuestos, costos y pausas en la calibración.

Para la programación del uso del sistema automático, se usa un mismo lenguaje lo que permite la utilización de cualquier software, pero para nuestro caso se utilizó un software que permita realizar una simulación sin la utilización física de controladores lógicos programables, pero cabe mencionar que cada marca trae consigo su propio software, donde la compatibilidad depende de los fabricantes.

El programa que se entrega lleva un tutorial, el cual muestra los pasos de cómo se realizó, y presta la facilidad de cómo puede ser reprogramado o si lo amerita, mejorado para nuevas pruebas con el sistema automático. Lo que a su vez se puede recomendar es la utilización de un software de fácil manejo y que sea amigable con el usuario, a su vez este debe ser compatible con los controladores lógicos programables.

Bibliografía

Cetinkunt, S. (2007). *Mecatrónica*. México: Patria.

Cortizo Rodríguez, J. L. (2004). *Elementos de Máquinas. Teoría y Problemas*. Gijón: Universidad de Oviedo.

Pulido, M. Á. (2004). *Controladores Lógicos*. Marcombo: Marcombo, Boixareu Editores (Barcelona, España).

SAPAG CHAIN, N. (2001). *Evaluación de proyecto de inversión en las empresas*. Buenos Aires: Mac Graw Hill.

Simonds, G. (1991). *La Seguridad Industrial*. México: Ediciones Alfaomega.

Sole, A. C. (2005). *Instrumentación Industrial*. Marcombo: Marcombo, SA.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n>

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

http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ionizante

<http://es.wikipedia.org/wiki/Dos%C3%ADmetro>

http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica

<http://es.wikipedia.org/wiki/Pr> (Pulido, 2004) [otecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica](http://es.wikipedia.org/wiki/Protecci%C3%B3n_radiol%C3%B3gica)

<http://3.bp.blogspot.com/->

[OKrED7vF9DE/Tbd081We91I/AAAAAAAAABvc/SBzZhDGSFQY/s400/ConexionesLOGO_transporte%2Bpallet.JPG](http://3.bp.blogspot.com/-OKrED7vF9DE/Tbd081We91I/AAAAAAAAABvc/SBzZhDGSFQY/s400/ConexionesLOGO_transporte%2Bpallet.JPG)

http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMH1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/ESTRUCTURAS/ESTRUCTURA%20INTERNA/SECCION%20ODE%20ES/seccion_de_es.htm

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

<http://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor>

<http://www.monografias.com/trabajos60/servo-motores/servo-motores.shtml>

<http://www.directindustry.es/>

<http://img.clasf.mx/2012/05/21/Perfil-estructural-de-aluminio-Moas-compatible-con-IPSBosc-20120521184751.jpg>

<http://www.giis.com.ar/distribucion/03CONTROL%20DE%20MOVIMIENTO/TORNILLO%20DE%20BOLAS.jpg>

http://www.kalipedia.com/kalipediamedia/ingenieria/media/200708/22/tecnologia/20070822klpingtcn_59.Ges.SCO.png

[28]<http://www.areatecnologia.com/EJERCICIOS%20DE%20AUTOEVALUACION%20DE%20TECNOLOGIAS%20POTATOES/imagenes%20para%20mecanismos%20de%20primero/sistema%20de%20poleas.gif>

<http://www.thk.com/?q=mexico/node/7460>

[30]http://www.thk.com/sites/default/files/thkcom/images/ja/company/caged_ball_lmguide_c.png

http://www.ntsudamericana.com/index.php?option=com_content&view=article&id=35&Itemid=107

<http://www.ntsudamericana.com/images/stories/ntn/productos/chumaceras/puente.jpg>

<http://adnervillarroel.files.wordpress.com/2010/07/reductores-de-velocidad.pdf>

http://img.directindustry.es/images_di/press-m2/motorreductores-para-industria-avicola-P347033.jpg

<http://todosobreproyectos.blogspot.com/2009/03/prefactibilidad-estudio-de-alternativas.html>

<http://elmantenimientogeneral.blogspot.com/>

<http://www2.ula.ve/dsiportal/dmdocuments/elementos/TORNILLOPOTENCIA.pdf>

http://es.wikipedia.org/wiki/Aluminio_6061

<http://us.misumi-ec.com/us/ItemDetail/10300456860.html>

http://www.njyigong.cn/en/products_Content.asp?id=15

http://www.industrialmagza.com/pdf/niasa/husillos_es-MGZ.pdf

http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/husillo_de_bolas/skf.1.pdf

http://202.67.224.136/pdimage/38/s_2077138_da98a.jpg

<http://xlogicusa.com/products-page/plc/xcm32te/#prettyPhoto>

http://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_t%C3%A1ctil

<http://image.made-in-china.com/2f1j00SBvarNPWAqoD/TP-Series-Touch-Screen-7-TP760-T.jpg>

http://www.efesotomasyon.com/html/mecapion/servo_PANAROMA.pdf

<http://www.setecindca.com/descargas/encoders/encoder-eltra.pdf>

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

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

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

<http://www.delmetal.com.ar/productos/aluminio/6061.pdf>

<http://www.delmetal.com.ar/productos/aluminio/1050%20A.pdf>

<http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>

<http://www.thyssenkrupp.cl/Documentos/fichasT/Aceros%20maquinaria%20barras/Aceros%20Cementaci%C3%B3n.pdf>

<http://www.elacero.com.ec/pdf/aceros.pdf>

http://www.efunda.com/Materials/alloys/carbon_steels/show_carbon.cfm?ID=AISI_1055&show_prop=all&Page_Title=AISI%201055