



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**TEMA: REINGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE  
SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE Y VISIÓN  
ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA  
MUNICIÓN CALIBRE 9MM, PARA LA EMPRESA DE  
MUNICIONES “SANTA BÁRBARA E.P”**

**AUTORES: CARRIÓN RAMÓN, NATHALY PATRICIA  
AULIS ROMERO, LUIS GABRIEL**

**DIRECTOR: ING. LUIS ECHEVERRÍA  
CODIRECTOR: ING. PABLO FIGUEROA**

**SANGOLQUÍ**

**2015**

**CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto de grado titulado **“REINGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM, PARA LA EMPRESA DE MUNICIONES “SANTA BÁRBARA” E.P.”** fue realizado en su totalidad por la Srta. PATRICIA NATHALY CARRIÓN RAMÓN y el Sr. LUIS GABRIEL AULIS ROMERO como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Mecatrónico.



---

Ing. Luis Echeverría

Director



---

Ing. Pablo Figueroa

Codirector

SANGOLQUÍ, 27 DE FEBRERO DE 2015

**AUTORIZACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, SRTA. CARRIÓN RAMÓN NATHALY PATRICIA y  
SR. AULIS ROMERO LUIS GABRIEL

**DECLARAMOS QUE:**

La tesis / proyecto de grado titulado: **“REINGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM, PARA LA EMPRESA DE MUNICIONES “SANTA BÁRBARA” E.P.”**. Ha sido desarrollado con base a una investigación responsable, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en los párrafos correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos y alcance científico de la tesis / proyecto de grado en mención.

SANGOLQUÍ, 27 DE FEBRERO DE 2015



---

CARRION R. NATHALY P.

C.I. 0704279934



---

AULIS R. LUIS G.

C.I. 1721088597

## AUTORIZACIÓN

Nosotros, SRTA. CARRIÓN RAMÓN NATHALY PATRICIA y  
SR. AULIS ROMERO LUIS GABRIEL

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del proyecto de grado titulado: **“REINGENIERÍA, DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN, TRANSPORTE Y VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM, PARA LA EMPRESA DE MUNICIONES “SANTA BÁRBARA” E.P.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

SANGOLQUÍ, 27 DE FEBRERO DE 2015



CARRION R. NATHALY P.



AULIS R. LUIS G.

## DEDICATORIA

Desde que comencé mi trayectoria universitaria le pedí a Dios que guiara a cada instante mi camino, y lo ha hecho... es por eso que quiero dedicar este proyecto a aquel ser.

Dedico este proyecto a mis ángeles guardianes que han dedicado su tiempo para hacerme una mujer de bien y sobre todo a enseñarme a amar y a valorarme. Me han hecho ser quien soy y ahora que llego el momento les dedico con todo mi amor, mi ingeniería que es el esfuerzo de cada día y de cada noche sin dormir, este es el resultado de muchos años donde muchas veces no pudimos compartir con ustedes mis queridos papitos: Ángel Javier Carrión Conde y Ligia María Esperanza Ramón Chuva. Los amo.

Dedico este proyecto a mis hermanos Madeleine y Jefferson, para que sea una inspiración de constancia y perseverancia; que sepan que cuando uno tiene un sueño, se conseguirá cuando no permitimos que nada lo derrumbe a pesar de tener dificultades y obstáculos. Todo es posible.

Dedico este proyecto a mis queridos Ingenieros que me formaron en la ESPE y de manera especial al Ing. Echeverría Luís quien fue el primero en confiar en mí, al Ing. Figueroa que más que mi codirector ha sido una persona que con sus sabios consejos me han hecho madurar profesionalmente. A mis queridos familiares, a mis mejores amigos que creyeron en mí, en especial a Saaid y a Luis mi compañero de tesis.

Y como lo último es lo mejor, de manera muy especial, dedico este proyecto y cada trayectoria de mi vida estudiantil a Miguel Martínez para decirle con esto que sí se puede lograr las metas a pesar de que hay oscuridad. Al final se ve la luz y la recompensa es grande, solo no hay que perder la fe y la esperanza. Le amo siempre.

Nathaly Patricia Carrión Ramón

## DEDICATORIA

Dedico este modesto y sencillo escrito, fruto del esfuerzo y constancia, con todo cariño a mis Padres, quienes en el momento oportuno supieron darme una ayuda moral y material, a base de Amor y sacrificio en todo el tiempo de estudiante; gracias a ellos que han sabido guiarme por el sendero de la verdad y la justicia, a fin de engrandecer mi Patria y honrar a mi Familia.

A mi hermana Fernanda, por estar siempre a mi lado en las buenas y las malas, por ser mi mejor amiga, gracias a ello, siempre espero te sientas orgullosa de mi.

A mi novia Pamela, pues eres una persona muy valiosa, quien me apoyó y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A Nathy, mi compañera de tesis por haber emprendido este proyecto juntos, el que concluimos con éxito llegando a la meta. Mil gracias por ser mi amiga y compañera, por desvelarte conmigo, por señalarme mis errores y permitirme aprender de ellos. Espero que nuestro trabajo no quede aquí, que así como nos apoyamos uno al otro lo sigamos haciendo en el camino de la vida.

Luis Gabriel Aulis Romero

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por estos años de vida universitaria, una etapa de mi vida completamente diferente, con experiencias únicas, bellas e imborrables.

Agradezco a mis papitos por su paciencia, por sus visitas, por aquellas llamadas llenas de comprensión, de sabiduría y aliento para llegar a concluir mi Ingeniería. Agradezco inmensamente las oraciones de mamita Inés y papito Abel así como de mi abuelita Rosana. Cuando les pienso me llenan de fuerza y valor. Gracias a mis hermanos Madejita y Jeffersito, sus risas me contagian. A mis tíos que son mis mejores amigos: Mónica, Elena, Liss y Fer que con sus ocurrencias, mensajes y llamadas me han hecho sonreír y ver las cosas de otra manera. Gracias de verdad.

Agradezco infinitamente a Migue, pues su corazón siempre estuvo conmigo. Me ha hecho ser fuerte con cada palabra que me ha dicho. Gracias amor, hemos aprendido juntos y porque a pesar de todo, estuvo conmigo en cada etapa de mi tesis.

Como no agradecer a mi mejor amigo y compañero de tesis, Lucho. A inicios de la universidad pensamos hacer la tesis juntos y lo conseguimos. Gracias por tus consejos sanos y fuertes, por cuestionarme siempre y tenerme mucha paciencia. Te quiero mucho, sé que llegaremos lejos. Nuestra amistad se fortalece con todo.

Gracias totales a la Empresa “Santa Bárbara”, en especial al Ing. Alvarado y a los señores Roberto García, Sr. Fausto, Don León, Sr. Jácome, Sr. Rodríguez por apoyarnos con sus ánimos, consejos técnicos y morales.

Y finalmente agradezco a las personas que no creyeron en mí, porque eso marcó mucho en mi vida, pues me hicieron reaccionar no con palabras gastadas sino con hechos y realidades, esforzándome más.

Lo logré, y fue gracias a todos ustedes!!!

Nathaly Patricia Carrión Ramón

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo va dirigido con una gran expresión de gratitud y reconocimiento a Dios que me ha dado vida y salud; a mi director y codirector que con nobleza y entusiasmo vertieron su apostolado en mi alma; y a mi querida Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE que en sus aulas recibí los más bellos e inolvidables recuerdos que han transformado en un excelente profesional.

Luis Gabriel Aulis Romero

## INDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO DE ELABORACIÓN DEL PROYECTO .....	II
AUTORIZACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	III
AUTORIZACIÓN .....	IV
DEDICATORIA .....	V
AGRADECIMIENTO .....	VII
INDICE DE CONTENIDOS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XVI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE GLOSARIO.....	XXII
RESUMEN .....	XXV
ABSTRACT .....	XXVI

### CAPÍTULO 1

#### INTRODUCCIÓN

1.1	ANTECEDENTES .....	'3
1.2	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	'4
1.3	OBJETIVOS.....	3
1.3.1	GENERAL .....	'5
1.3.2	ESPECÍFICOS .....	'5
1.4	ALCANCE DEL PROYECTO .....	'5
1.4.1	SISTEMA MECÁNICO.....	'5
1.4.1.1	PROCESO DE MANUFACTURA .....	'5
1.4.2	INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL MECATRÓNICA .....	'7
1.4.2.1	SENSOR DE ACCIONAMIENTO .....	'8
1.4.2.2	SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL.....	'8
1.4.2.3	SISTEMA NEUMÁTICO.....	'9
1.4.3	SISTEMA ELECTRÓNICO Y CONTROL.....	'9

### CAPÍTULO 2

#### MARCO TEÓRICO

2.1	PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA MUNICIÓN .....	(00)
2.1.1	DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LA MUNICIÓN.....	(00)

		x
2.1.2	HISTORIA DE LA MUNICIÓN .....	10
2.1.3	PARTES DE LA MUNICIÓN 9 MM .....	11
2.1.4	CLASIFICACIÓN DE LA MUNICIÓN.....	11
2.1.4.1	SU MATERIAL DE CONSTITUCIÓN DE LA VAINILLA.....	11
2.1.4.2	SU SISTEMA DE PERCUSIÓN .....	11
2.1.4.3	SU FORMA GEOMÉTRICA.....	11
2.1.4.4	SEGÚN LA FORMA EXTERNA DEL CULOTE .....	14
2.1.5	TIPOS DE CALIBRE DE MUNICIÓN.....	12
2.1.6	DIAGRAMA DE FLUJO DE MACROPROCESO PRODUCTIVO Y PROCESO DE ARMAS Y MUNICIONE “SANTA BÁRBARA” E.P .....	13
2.1.7	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM.....	15
2.2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MANUAL .....	16
2.2.1	MÁQUINA DE PESAJE TIPO PC 56.....	13:
2.2.2	MÁQUINA DE INSPECCIÓN VISUAL MANUAL TIPO PC 56.....	20
2.3	SITUACIÓN ACTUAL Y ÁREA DE INFLUENCIA DE LA MÁQUINA .....	22
2.4	RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES .....	26
2.4.1	ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN VISUAL MANUAL TIPO PC 56....	26

### **CAPÍTULO 3**

#### **REDISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y BANDA TRANSPORTADORA**

3.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO.....	27
3.2	ANÁLISIS DEL ENTORNO .....	04;
3.3	SELECCIÓN DE MATERIALES .....	31
3.3.1	DESCRIPCIÓN DE ACEROS DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA .....	33
3.3.1.1	ACEROS BONIFICADOS .....	35
3.3.1.2	ACERO DE MAQUINARIA PARA CEMENTACIÓN .....	36

3.3.1.3	ACERO AL CARBONO .....	37
3.3.1.4	BRONCES .....	38
3.3.1.5	ACERO PARA TRABAJO EN FRÍO .....	39
3.3.2	REQUERIMIENTOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS .....	37
3.3.2.1	BASES, SOPORTE, CUBIERTAS, ARMAZÓN DELANTERO Y POSTERIOR DE LA MÁQUINA .....	'5:
3.3.2.2	PLACAS PARA EL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN .....	42
3.3.2.3	EJES DE TRANSMISIÓN .....	44
3.4	REDISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE MECANISMOS PARA LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN ARTIFICIAL .....	44
3.4.1	DETERMINACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD Y FUERZAS APLICADAS EN LAS BASES .....	44
3.4.1.1	FACTOR DE SEGURIDAD Y FUERZAS EN LA BASE 01 .....	44
3.4.1.2	FACTOR DE SEGURIDAD Y FUERZAS EN LA BASE 02 .....	076
3.4.1.3	INESTABILIDAD ELÁSTICA Y PANDEO DE EULER .....	07:
3.4.2	COMPONENTES Y GEOMETRÍA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN .....	'8:
3.4.2.1	DESCRIPCIÓN DE LA CAÍDA DE MUNICIÓN .....	72
3.4.2.2	DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE DESLIZAMIENTO DE LA MUNICIÓN .....	72
3.4.4.3	DESCRIPCIÓN DEL CONJUNTO DE EXPULSIÓN .....	72
3.4.4.4	DESCRIPCIÓN DE LA LEVA Y RUEDA DENTADA .....	73
3.4.4.5	DESCRIPCIÓN DEL RESORTE .....	73
3.4.4.6	DESCRIPCIÓN DE LA TAPA GUÍA Y GUÍA DE MUNICIÓN CENTRAL .....	74
3.4.3	COMPONENTES Y GEOMETRÍA QUE INTEGRAN LA BANDA TRANSPORTADORA .....	73
3.4.3.1	DESCRIPCIÓN DE LAS BASES .....	76
3.4.3.2	DESCRIPCIÓN DE LAS TAPAS .....	76
3.4.3.3	DESCRIPCIÓN DE LA BASE SOPORTE DE CADENA .....	77
3.4.3.4	DESCRIPCIÓN DE LA CADENA .....	77

3.4.3.5	DESCRIPCIÓN DE CONJUNTO DE ENGRANES PARA CADENA .....	82
3.4.4	SOLDADURAS DE LAS ESTRUCTURAS .....	82

#### **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DE LA IMPLEMENTACIÓN INDUSTRIAL MECATRÓNICA, ELECTRÓNICO Y CONTROL PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM**

4.1	FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN DE MAQUINARIA .....	95
4.1.1	MANDO Y CONTROL .....	95
4.1.2	CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA .....	95
4.1.2.1	LÓGICA CABLEADA .....	96
4.1.2.2	LÓGICA PROGRAMADA .....	97
4.2	SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL .....	97
4.2.1	FUNDAMENTOS DE VISIÓN ARTIFICIAL .....	99
4.2.1.1	FUENTE DE LUZ .....	100
4.2.1.2	SENSOR DE IMAGEN .....	100
4.2.1.3	TARJETA DE CAPTURA O ADQUISICIÓN DE IMÁGENES .....	100
4.2.1.4	ALGORITMOS DE ANÁLISIS DE IMAGEN .....	100
4.2.1.5	COMPUTADORA O MÓDULO DE PROCESO .....	100
4.2.1.6	SISTEMA DE RESPUESTA EN TIEMPO REAL .....	100
4.2.2	PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES .....	101
4.2.2.1	ADQUISICIÓN DE IMÁGENES .....	102
4.2.2.2	PROCESAMIENTO .....	102
4.2.2.3	SEGMENTACIÓN .....	102
4.2.2.4	EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS .....	102
4.2.2.5	RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACIÓN .....	102
4.2.2.6	INTERPRETACIÓN DE LA ESCENA .....	102
4.2.3	TIPO DE ILUMINACIÓN .....	102
4.2.3.1	ILUMINACIÓN FRONTAL .....	102
4.2.3.2	ILUMINACIÓN TRASERA O RETROALIMENTACIÓN .....	103
4.2.4	CÁMARAS .....	105
4.2.4.1	SELECCIÓN DE CÁMARAS .....	105

4.2.4.2	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE .....	106
4.2.4.3	SCNI COLOR 1774C .....	115
4.2.4.4	SCNI MONOCROMÁTICA 1742 .....	123
4.2.5	SELECCIÓN DE LENTE .....	133
4.2.5.1	CALCULO DE VALIDACIÓN DE LENTES DE LA SCNI DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE LA MUNICIÓN 9MM .....	134
4.3	SISTEMA NEUMÁTICO .....	139
4.3.1	FUNCIONES LÓGICAS NEUMÁTICAS .....	140
4.3.1.1	INSTALACIÓN LIBRE .....	140
4.3.1.2	INSTALACIÓN ASOCIABLE .....	140
4.3.2	ELEMENTOS NEUMÁTICOS .....	141
4.3.2.1	CILINDRO NEUMÁTICO .....	141
4.3.2.2	VÁLVULAS .....	148
4.3.2.3	UNIDADES DE MANTENIMIENTO .....	153
4.3.2.4	SOFTWARE FESTO DE INGENIERÍA Y SELECCIÓN ELEMENTOS NEUMÁTICOS .....	156
4.4	SISTEMA ELÉCTRICO .....	163
4.4.1	SISTEMA DE CONTROL .....	164
4.4.1.1	RELÉ DE ESTADO SOLIDO SSR-20DA .....	164
4.4.1.2	SWITCH O CONMUTADOR TL-SG1005D .....	167
4.4.1.3	DETECTOR FOTOELÉCTRICOS WLL170-2N132 .....	168
4.4.1.4	SENSOR REED SWITCH DE PROXIMIDAD SME-8K-LED-230 ....	172
4.4.2	SISTEMA DE POTENCIA .....	173
4.4.2.1	FUSIBLES .....	173
4.4.2.2	DISYUNTOR .....	174
4.4.2.3	MOTOR .....	175
4.4.2.4	VARIADOR DE FRECUENCIA .....	178
4.5	DESARROLLO DE SOFTWARE DE CONTROL .....	187
4.5.1	ESTUDIO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DE LABVIEW .....	187
4.5.2	INTRODUCCIÓN AL LABVIEW .....	187
4.5.2.1	USO DE LA MEMORIA .....	188

4.5.2.2	INSTRUMENTOS VIRTUALES .....	189
4.5.2.3	PALETAS DE TRABAJO .....	190
4.5.2.4	MENÚS DE TRABAJO .....	192
4.5.2.5	GUARDAR PROGRAMAS Y CARGARLOS .....	198
4.5.2.6	MANEJO DE DATOS EN UN VI .....	200
4.5.2.7	ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN .....	206

## **CAPÍTULO 5**

### **IMPLEMENTACIÓN DE CAMBIOS Y VALIDACIÓN DEL NUEVO**

#### **SISTEMA**

5.1	DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO MECATRÓNICO DE PRIMER NIVEL PARA CONTROL DE CALIDAD DE MUNICIÓN 9MM .....	455
5.2	ENSAMBLE TOTAL DEL SISTEMA.....	233
5.3	PRUEBAS MECÁNICAS.....	233
5.4	PRUEBAS ELECTRÓNICAS Y DE CONTROL .....	234
5.5	PRUEBAS DE INSTRUMENTACIÓN MECATRÓNICA .....	236
5.5.1	PROGRAMA DE LA SCNI 1742.....	236
5.5.2	PROGRAMA DE LA SCNI 1774C.....	238

## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO**

6.1	ESTUDIO DEL MERCADO .....	243
6.2	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	244
6.2.1	COSTOS DIRECTOS .....	244
6.2.1.1	SISTEMA MECÁNICO .....	244
6.2.1.2	SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL .....	245
6.2.1.3	SISTEMA NEUMÁTICO.....	245
6.2.1.4	MANO DE OBRA .....	246
6.2.1.5	MÁQUINA Y HERRAMIENTAS.....	246
6.2.1.6	COSTO TOTAL DIRECTO.....	247
6.2.2	COSTOS INDIRECTOS .....	247
6.2.3	RESUMEN TOTAL DEL COSTO DEL PROYECTO .....	247
6.2.4	MATERIAL NO OCUPADO .....	248
6.2.4.1	PLANCHAS DE ACERO A36 – PLACAS DE ACERO Y EJES .....	248

6.3	ANÁLISIS FINANCIERO.....	250
6.3.1	RELACIÓN COSTO - BENEFICIO.....	250

## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

7.1	CONCLUSIONES.....	251
7.2	RECOMENDACIONES .....	252
	BIBLIOGRAFÍA.....	253
	ANEXOS.....	255

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funcionalidad de diferentes calibres de munición .....	9
Tabla 2. Características de la munición calibre 9mm [S.B] .....	15
Tabla 3. Características del Moto – Reductor .....	26
Tabla 4. Características Generales de la máquina de Visión Manual PC56 .....	26
Tabla 5. Capacidad de máquina de pesaje pc 56 para 8 horas .....	28
Tabla 6. Cantidad mínima de munición calibre 9mm a inspeccionar por la máquina de Inspección Artificial .....	28
Tabla 7. Sistema de evaluación: Condiciones del Ambiente .....	29
Tabla 8. Sistema de evaluación: Condiciones del Clima .....	30
Tabla 9. Sistema de evaluación: Condiciones del Diseño.....	30
Tabla 10. Sistema de evaluación: Programa de Mantenimiento .....	31
Tabla 11. Resultados del sistema de evaluación del lugar y diseño.....	31
Tabla 12. Clasificación de los Aceros de construcción mecánica .....	33
Tabla 13. Propiedades mecánicas de metales y aleaciones a tempertura de 650°C .....	39
Tabla 14. Selección del material para bases, soporte, cubiertas, armazón delantero y posterior de la máquina .....	39
Tabla 15. Propiedades mecánicas de metales y aleaciones a tempertura de 650°C .....	41
Tabla 16. Selección del material para placas para el sistema de alimentación .....	42
Tabla 17. Selección del material para los ejes de transmisión.....	43
Tabla 18. Propiedades mecánicas del acero .....	50
Tabla 19. Comparación de factores de diseño calculados .....	51
Tabla 20. Comparación de factores de diseño calculados.....	56
Tabla 21. Módulos de Young del acero .....	60
Tabla 22. Número de Cadena ANSI .....	78
Tabla 23. Especificaciones de Engranés .....	80
Tabla 24. Propiedades Mínimas del Metal de Aporte.....	88
Tabla 25. Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte .....	89
Tabla 26. Propiedades Mínimas del Metal de Aporte.....	93

Tabla 27. Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte .....	94
Tabla 28. Sensor de la SCNI 1774C .....	116
Tabla 29. Descripción de conectores de la SCNI 1774C .....	117
Tabla 30. Conector de señales E/S .....	117
Tabla 31. Comportamiento de indicador led de status .....	121
Tabla 32. Mensajes de led indicador de status .....	122
Tabla 33. Comportamiento del indicador led 100/1G.....	123
Tabla 34. Sensor de la SCNI 1742 .....	124
Tabla 35. Conectores de la SCNI 1742 .....	125
Tabla 36. Comportamiento de led de velocidad .....	130
Tabla 37. Mensajes de led indicador de status .....	132
Tabla 38. Lente para NI smart cameras 1742NM Y 1774C .....	136
Tabla 39. Datos básicos técnicos de la SCNI 1742.....	136
Tabla 40. Resultados de cálculo validación de lente para la SCNI 1742 .....	137
Tabla 41. Datos básicos técnicos de la SCNI 1774C .....	138
Tabla 42. Tabla de resultados cálculo de lente para la SCNI 1774C .....	138
Tabla 43. Características de cilindro DNC-32-80-PPV-A.....	161
Tabla 44. Características de electroválvula JMFH-5-1/8 .....	161
Tabla 45. Especificaciones técnicas de SSR-20 DA .....	166
Tabla 46. Especificaciones del sensor WLL170-2N132.....	170
Tabla 47. Materiales que conforman el cable LL3-TB02 .....	170
Tabla 48. Especificaciones de sensor SME-8K .....	172
Tabla 49. Especificaciones técnicas de fusible EBCHQ .....	173
Tabla 50. Especificaciones técnicas de disyuntor miniatura YCL7-63 .....	174
Tabla 51. Características eléctricas .....	177
Tabla 52. Grupo de parámetros.....	180
Tabla 53. Conexión de los dispositivos periféricos al variador .....	182
Tabla 54. Elementos de visor .....	184
Tabla 55. Elementos de teclado .....	184
Tabla 56. Grupo de parámetros .....	185
Tabla 57. Método de control .....	185
Tabla 58. Método de operación .....	185

Tabla 59. Función de protección.....	186
Tabla 60. Ambiente de operación .....	186
Tabla 61. Datos de pruebas con la SCNI 1742 .....	25:
Tabla 62. Datos de pruebas de dimensión con la SCNI 1774C .....	242
Tabla 63. Costo del Sistema Mecánico .....	246
Tabla 64. Costo del Sistema Electrónico y de Control .....	247
Tabla 65. Costo del Sistema Neumático .....	247
Tabla 66. Costo de mano de Obra .....	248
Tabla 67. Costo de Máquinas y Herramientas .....	248
Tabla 68. Costo Total del Sistema Mecatrónico .....	249
Tabla 69. Costo Indirecto .....	249
Tabla 70. Costo Total del Sistema .....	249
Tabla 71. Material No Ocupado: Planchas de Acero de Acero A36 .....	26:
Tabla 72. Material No Ocupado: Placas de Acero .....	26;
Tabla 73. Material No Ocupado: Ejes .....	26;

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo del Sistema Mecánico .....	06
Figura 2. Diagrama de Flujo del Sistema de Instrumentación Mecatrónica .....	08
Figura 3. Diagrama de Flujo del Sistema Electrónico y de Control.....	09
Figura 4. Munición Calibre 9mm.....	00
Figura 5. Sistema de Carga elaborado en 1830.....	12
Figura 6. Bala Hunt.....	12
Figura 7. Partes de la Munición 9mm .....	13
Figura 8. Por su forma geométrica, de izquierda a derecha: Cilíndrica Entallada, Cilíndrica Golleteada, Cónica, Cónica Golleteada.....	14
Figura 9. Por su forma geométrica: 1. Pestaña, 2. Ranura, 3. Reforzada 4. Ranura y Pestaña, 5. Ranura y Pestaña Corta.....	14
Figura 10. Diagrama de Flujo Principal .....	15
Figura 11. Diagrama de Flujo de Producción.....	16
Figura 12. Medidas de munición de 9mm .....	18
Figura 13. Vista frontal del Sistema de Control de Calidad Manual.....	19
Figura 14. Vista Lateral del Sistema de Control de Calidad Manual .....	19
Figura 15. Vista Frontal de la Máquina de Pesaje Tipo PC 56.....	3:
Figura 16. Feeder y Mecanismo de Colocación Horizontal para las Municiones hacia el Sistema de Pesaje .....	08;
Figura 17. Estación de Pesaje .....	22
Figura 18. Vista lateral de la Estación de Pesaje .....	22
Figura 19. Sistema de Pesaje Manual .....	23
Figura 20. Mal pulimiento de Vaina .....	24
Figura 21. Raya leve en la parte inferior de la Vaina .....	25
Figura 22. Deformación de la Vaina – Bala, Hendidura de la Vaina.....	25
Figura 23. Deformación Superior del Cuerpo de la Bala.....	26
Figura 24. Codificación Errónea .....	26
Figura 25. Culata de la Munición Capturada por la Cámara Monocromática .....	27

Figura 26. Cuerpo de la Munición Capturada por la Cámara a Color .....	27
Figura 27. Selección por calificación del Acero Inoxidable.....	34
Figura 28. Formulario de Evaluación para Comprar Materiales.....	05:
Figura 29. Coeficiente de Seguridad de Diferentes Materiales .....	47
Figura 30. Bases Soporte de la Máquina.....	47
Figura 31. Carga Total de la máquina de Inspección Visual.....	48
Figura 32. Área en Eje X de la Base 01 .....	48
Figura 33. Área en Eje Y de la Base 01 .....	49
Figura 34. Centro de Masa de la Máquina de Inspección Visual .....	49
Figura 35. Diagrama de Fuerza Cortante - Momento Flector .....	6:
Figura 36. Descomposición de Fuerzas en X Y de la máquina.....	06;
Figura 37. Estudio de deformación en Base 01, aplicando fuerza Normal en X.....	54
Figura 38. Estudio de deformación en Base 01, aplicando fuerza Normal en Y .....	55
Figura 39. Vista Frontal de la Base 01 .....	55
Figura 40. Descomposición de Fuerzas en X y Y de la Base 02 .....	56
Figura 41. Área en el Eje X de la Base 02 .....	57
Figura 42. Área en el Eje Y de la Base 02 .....	57
Figura 43. Estudio de deformación en Base 02, aplicando fuerza Normal en X.....	59
Figura 44. Vista Frontal de la Base 02 .....	59
Figura 45. Curva de Pandeo de Euler y Modos de Fallo .....	7;
Figura 46. Curva de Pandeo de Euler y Modos de Fallo .....	7;
Figura 47. Sección Transversal de la Base 01 .....	62
Figura 48. Longitud efectiva de la Base 01 .....	65
Figura 49. Curva de Carga Unitaria con Esbeltez de la Base 01.....	66
Figura 50. Sección Transversal de la Base 02.....	66
Figura 51. Longitud efectiva de la Base.....	69
Figura 52. Curva de Carga Unitaria con Esbeltez de la Base 02 .....	69
Figura 53. Vista Isométrica del Sistema de Distribución de la Máquina de Inspección Visual Artificial .....	08:

Figura 54. Sistema de Distribución apoyada en la Base 02 de la Máquina de Inspección Visual Artificial .....	08;
Figura 55. Sistema de Distribución apoyada en la Base 02 de la Máquina de Inspección Visual Artificial .....	08;
Figura 56. Perspectivas del Conjunto de Deslizamiento de la Munición .....	72
Figura 57. Vista Frontal Posterior del Conjunto de Expulsión .....	73
Figura 58. Vista Frontal Posterior del Conjunto de Expulsión y Resorte.....	74
Figura 59. Tapa Guía y Guía de Munición Central .....	74
Figura 60. Vista Frontal Delantera y Posterior de la Banda Transportadora .....	75
Figura 61. Soldadura de las Bases .....	76
Figura 62. Colocación de Revestimiento de Pinturas en las Placas .....	76
Figura 63. Base Soporte de la Cadena.....	77
Figura 64. Partes de una Cadena de Rodillos .....	78
Figura 65. Acción de Cuerda.....	78
Figura 66. Matriz para elaboración del Eslabón .....	09;
Figura 67. Eslabones de la Cadena de la cadena de Transmisión.....	82
Figura 68. Hoja de Cálculo para el Sistema de Engranaje.....	83
Figura 69. Especificaciones del Perno.....	84
Figura 70. Especificaciones del Motor .....	84
Figura 71. Clases métricas de propiedad mecánica de pernos .....	85
Figura 72. Transmisión Engranaje – Cadena.....	86
Figura 73. Cordón de Soldadura 01 .....	86
Figura 74. Cordón de Soldadura 02 .....	87
Figura 75. Longitud de Soldaduras.....	87
Figura 76. Propiedades Flexionantes de las Soldaduras de filete.....	89
Figura 77. Placa Sujetadora del Motor .....	90
Figura 78. Consideración de Voladizo .....	90
Figura 79. Esquema de Placa.....	91
Figura 80. Clasificación Tecnológica.....	96
Figura 81. Procesamiento de Imagen con Visión Artificial Y Visión Humana.....	98

## GLOSARIO

### A

**AC:** Siglas que representan a la corriente eléctrica en la que la magnitud y el sentido varían cíclicamente. La forma de oscilación de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la oscilación senoidal con la que se consigue una transmisión más eficiente de la energía, a tal punto que al hablar de corriente alterna se sobrentiende que se refiere a la corriente alterna sinusoidal.

### C

**CCD:** Es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados. Bajo el control de un circuito interno, cada condensador puede transferir su carga eléctrica a uno o a varios de los condensadores que estén a su lado en el circuito impreso.

**CMOS:** Es un sensor que detecta la luz basado en tecnología de utilización conjunta de transistores configurados de tal forma que, en estado de reposo, el consumo de energía es únicamente el debido a las corrientes parásitas. Gracias a esta tecnología es posible integrar más funciones en un chip sensor, como por ejemplo control de luminosidad, corrector de contraste, o un 0nversor analógico-digital.

### D

**DC:** Se refiere al flujo continuo de carga eléctrica a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial, que no cambia de sentido con el tiempo, es decir es continua dado que siempre mantiene la misma polaridad, así disminuya su intensidad conforme se va consumiendo la carga.

**DIP:** Interruptor de doble paquete en línea.

**Distancia de trabajo:** La distancia desde la parte delantera del lente de la cámara al objeto bajo inspección.

### F

**FPS:** Fotogramas por segundo.

### I

**IEC 269-2-1:** Fusibles para baja tensión. Norma de requisitos suplementarios para fusibles destinados a ser utilizados por personas autorizadas (fusibles para uso esencialmente industrial).

**IEC 60898:** Muestra las características de los interruptores de uso doméstico (los que son conocidos como interruptores para riel DIN).

**IGBT:** El transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) es un dispositivo semiconductor que generalmente se aplica como interruptor controlado en circuitos de electrónica de potencia. Este dispositivo posee las características de las señales de puerta de los transistores de efecto campo con la capacidad de alta corriente y bajo voltaje de saturación del transistor bipolar, combinando una puerta aislada FET para la entrada de control y un transistor bipolar como interruptor en un solo dispositivo.

**Imagen binaria:** Una imagen en la que los píxeles tienen sólo uno de los dos valores de intensidad. Los objetos en la imagen por lo general tienen una intensidad de píxel de 1 (o 255), y el fondo tiene una intensidad de los píxeles de 0.

## L

**Led:** Diodo emisor de luz.

## M

**MDI:** Interfaz Dependiente del Medio (en inglés: Medium Dependent Interface) es un puerto o interfaz Ethernet cuyas conexiones eléctricas o pines normalmente corresponden a la distribución T568A de la norma de Estándares que tratan el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones.

**MDIX:** Interfaz Cruzada Dependiente del Medio (Medium dependent interface crossover, MDIX) (La “X” representa a “crossover”) es un puerto Ethernet que permite a estaciones de red conectar entre ellas usando un cable de red cruzado.

**Dúplex:** Sistema de telecomunicaciones que es capaz de enviar y recibir mensajes de forma simultánea.

## R

**Resolución del sensor:** El número de columnas y filas de píxeles del CCD en el sensor de la cámara.

## S

**SCNI:** Término designado a las cámaras inteligentes de National Instruments (Smart Camera National Instruments) abreviadas de su idioma del inglés.

**SCR:** El rectificador controlado de silicio SCR, es un semiconductor que presenta dos estados estables: en uno conduce, y en otro está en corte (bloqueo directo, bloqueo inverso y conducción directa).

**Subred:** Un conjunto de sistemas cuyas direcciones IP están configurados de tal manera que puedan comunicarse directamente entre sí.

**T**

**Tamaño del sensor:** El tamaño de la zona activa de un sensor de imagen.

## **RESUMEN**

“Santa Barbará” E.P. tiene como enfoque implementar una línea de producción de la munición calibre 9mm, en tal virtud, uno de los procesos compone la reingeniería de la máquina de inspección visual para el control de calidad de la munición antes mencionada. Las funciones que realizará el equipo mecatrónico de primer nivel son: Entrada sincronizada de la munición al mecanismo de distribución hacia la banda transportadora, el cual está regulada por un variador de velocidad, Control de calidad de la munición mediante un sistema de visión artificial y la Expulsión de municiones defectuosas por medio de un sistema neumático, obteniendo un sistema flexible y de fácil transporte. Se han tomado en consideración parámetros como: factores de seguridad, velocidad del motor, cantidad de municiones a inspeccionar por minuto, características físicas de fallas que tienen las municiones de 9mm, distancia focal de las cámaras hacia la munición a captar, garantía de la integridad de los operadores que manipulen la misma, entre otros; en base a fundamentos teóricos y prácticos que nos ofrecen la bibliografía de la Ingeniería Mecánica, Electrónica, Control y Mecatrónica. De la misma manera se detalla paso a paso los diferentes métodos y procesos empleados para la construcción y ensamblaje de la máquina de inspección visual, así como el acople y la sincronización con el sistema electrónico y de control. Se puntualiza las diferentes pruebas de ajuste y calibración que se realizó con lo cual acreditamos el correcto funcionamiento y operación. Finalmente se realiza un estudio de factibilidad y viabilidad del proyecto desde el punto de vista económico y financiero.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **REINGENIERÍA**
- **VISIÓN ARTIFICIAL**
- **CONTROL DE CALIDAD**
- **EQUIPO MECATRÓNICO**
- **SISTEMA FLEXIBLE**

## **ABSTRACT**

"Santa Barbara" E.P. approach is to implement a production line of 9mm caliber ammunition in such, one of the reengineering process consists of machine vision inspection for quality control of the aforementioned ammunition. The functions performed mechatronics class team is synchronized input ammunition distribution mechanism to the conveyor belt, which is regulated by a variable speed, quality control ammunition through a system of artificial vision and ejects the faulty ammunition by a pneumatic system, obtaining a flexible and easy to transport system. Have been taken into account parameters such as safety factors, engine speed, amount of ammunition to inspect per minute physical characteristics of faults that have ammunition 9mm focal length of the cameras to the ammunition to capture, Guaranteeing the integrity operators that manipulate it, among others, based on theoretical and practical literature that we provide Mechanical Engineering, Electronics, Control and Mechatronics. In the same way step by step the different methods and processes used for the construction and assembly of the machine visual inspection as well as the coupling and synchronization with the electronics and control. Different fit testing and calibration was performed with which we credit the proper functioning and operation is pointed. Finally, a feasibility study and feasibility of the project is from the economic and financial point of view.

### **KEYWORDS:**

- **RE-ENGINEERING**
- **ARTIFICIAL VISION**
- **QUALITY CONTROL EQUIPMENT**
- **MECHATRONICS**
- **FLEXIBLE SYSTEM.**

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

A inicios del año 2012, la EMPRESA DE MUNICIONES SANTA BÁRBARA E.P. ha tenido una serie de modificaciones administrativas; sin embargo, esto no ha impedido que se siga desarrollando y ejecutando sus actividades por la alta organización de quienes laboran en el mismo. A continuación se presenta un repaso cronológico de cómo ha venido evolucionando y creciendo, EMSB E.P:

- En el año de 1970, la FMSB, Fábrica de Municiones Santa Bárbara; nombre con el cual inició la empresa, fue concebida por el alto mando militar ecuatoriano de los años 70, para que cumpla con la misión de producir munición de guerra calibre 7,62 mm para los fusiles militares, que en ese entonces se hallaban en dotación de las Fuerzas Armadas Ecuatorianas.
- En 1996, se realizó la privatización, constituyéndose de empresa pública a privada y en Sociedad Anónima, con accionistas y capital privado cambiando el objeto social con el que la fábrica inicio sus actividades.
- En 1996 se realiza la fabricación y comercialización de municiones, armas deportivas, producción y comercialización de partes, piezas, elementos e implementos de metalmecánica liviana; servicios técnicos de mantenimiento de equipos, materiales y de armamentos de toda clase y la producción y comercialización de objetos metálicos para usos industriales.
- Para el año 2000 la fábrica pasó a formar parte del grupo empresarial Holding Dine S.A.
- En el 2005, la Junta General de Accionistas resuelve realizar reformas del estatuto social de la fábrica, cambiando su denominación anterior por FMSB Santa Bárbara S.A.
- Evolución de otras áreas como la construcción, fabricación, instalación, mantenimiento y comercialización de estructuras, puentes, tanques de

almacenamiento y ductos metálicos; maquinaria, partes y piezas de máquinas, sistemas de generación y transferencia de energía.

- Finalmente, el 5 de abril de 2012, FMSB Santa Bárbara S.A. se transformó nuevamente en empresa pública.

En conclusión, la EMSB E.P tiene más de 27 años de experiencia y cuenta con tres procesos productivos importantes: Armas & Municiones, División Industrial Metalmecánica y Sistemas de Inspección y Certificación de la Munición.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Para todas las líneas de producción de empresas de munición se requiere un riguroso control de calidad de las mismas; dado que una mínima falla podría ocasionar daños a quien las manipula. Actualmente, el sistema de operación de visión manual produce:

- Cantidad limitada de inspección, aumentando el plazo de control de calidad y reduciendo el número de municiones controladas, ya que al ser un trabajo continuo, produce fatiga de los operarios y como consecuencia no se realice bien la inspección.
- El operario quede expuesto ante un peligro al manipular directamente la munición.
- Con esta referencia nuestro proyecto de tesis solucionará estos factores problema para la munición calibre 9mm, garantizando la certificación del producto a entregar, encaminado al beneficio propiamente de la empresa, obteniendo resultados como:
- Incremento del número de municiones a inspeccionar, cumpliendo con la cantidad diaria que se debe controlar, facilitando la supervisión y el control visual al operar de forma autónoma, aumentando el grado de precisión, exactitud y confiabilidad al detectar fallas como: tamaño, deformación y manchas propias de los procesos anteriores de ensamblaje.
- Protección y seguridad del operador al intervenir de forma indirecta en el proceso de control de calidad.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 GENERAL**

- Rediseñar la máquina de inspección manual de la munición calibre 9mm en un equipo mecatrónico de primer nivel para un control de calidad, óptimo, eficiente y eficaz.

### **1.3.2 ESPECÍFICOS**

- Realizar la manufacturación del sistema mecánico previo a un análisis de diseño para la munición calibre 9mm.
- Seleccionar componentes neumáticos y electrónicos para la reingeniería de la máquina.
- Diseñar la programación en el sistema de control de calidad programable para la comparación de especificaciones de la munición calibre 9mm durante el proceso.
- Emplear técnicas de prueba y error para obtener una alta eficiencia en la etapa de distribución y clasificación de las municiones por su peso.

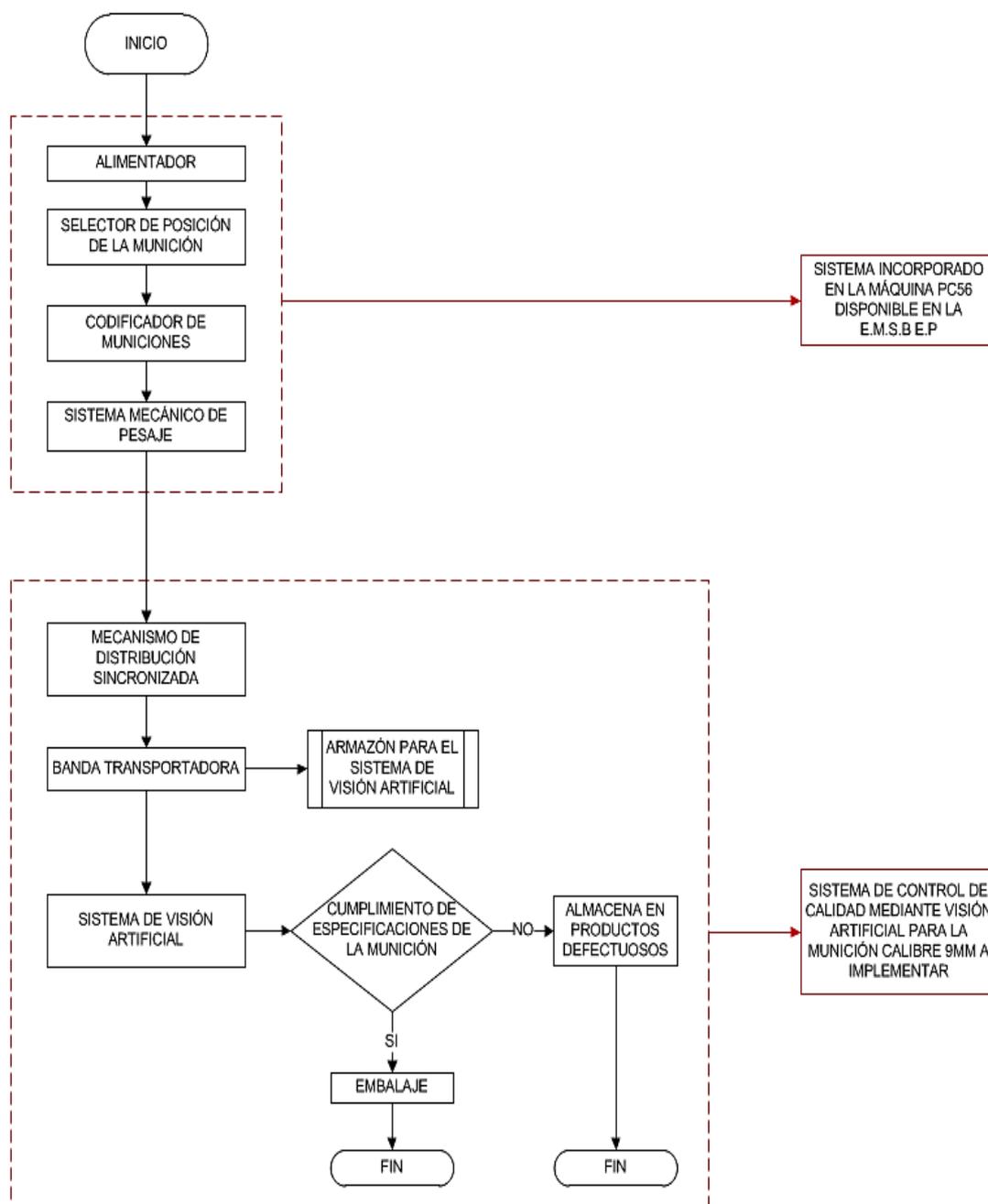
## **1.4 ALCANCE DEL PROYECTO**

Comprende el diseño y construcción de los sistemas del equipo mecatrónico en tres etapas: Sistema Mecánico, Instrumentación Industrial Mecatrónica y Sistema Electrónico y Control.

### **1.4.1 SISTEMA MECÁNICO**

#### **3.1.1.1 Proceso De Manufactura**

En el siguiente diagrama de flujo de la figura 1, se presenta toda la reingeniería y diseño para la manufacturación de las piezas del sistema que compone el mecanismo de distribución de la munición, banda transportadora y adecuación del soporte para el sistema de visión artificial.



**Figura 1. Diagrama de flujo del sistema mecánico**

El sistema mecánico a su vez está formado por cinco partes fundamentales:

- **Mecanismo De Distribución Sincronizada**
  - **Eslabón de unión:** El objetivo es comunicar la salida del orificio en donde se recibe la munición hacia el mecanismo de distribución.
  - **Conjunto de piezas para separación y distribución de municiones:** Para colocar a la munición en la banda transportadora, hay un sistema de leva

que es impulsada con un pequeño martillo limitada por un resorte que hace que se separe la munición, generando una correcta distribución sincronizada con la banda transportadora para continuar su proceso de transporte.

- **Soporte Del Equipo**

El armazón o esqueleto de la máquina sirve como soporte de todos los mecanismos y base de los elementos que conforman el equipo mecatrónico.

- **Banda Transportadora**

Conformado por un juego de piñones, cadenas y eslabones especiales, todos montados en el mismo armazón por medio de chumaceras y ejes de transmisión; el movimiento generado se da a través de un motor, la misma que depende de un variador de frecuencia transmitiendo este movimiento hacia una cadena que hace de banda transportadora para el movimiento de traslación y rotación de las municiones.

- **Armazón Para El Sistema De Visión Artificial**

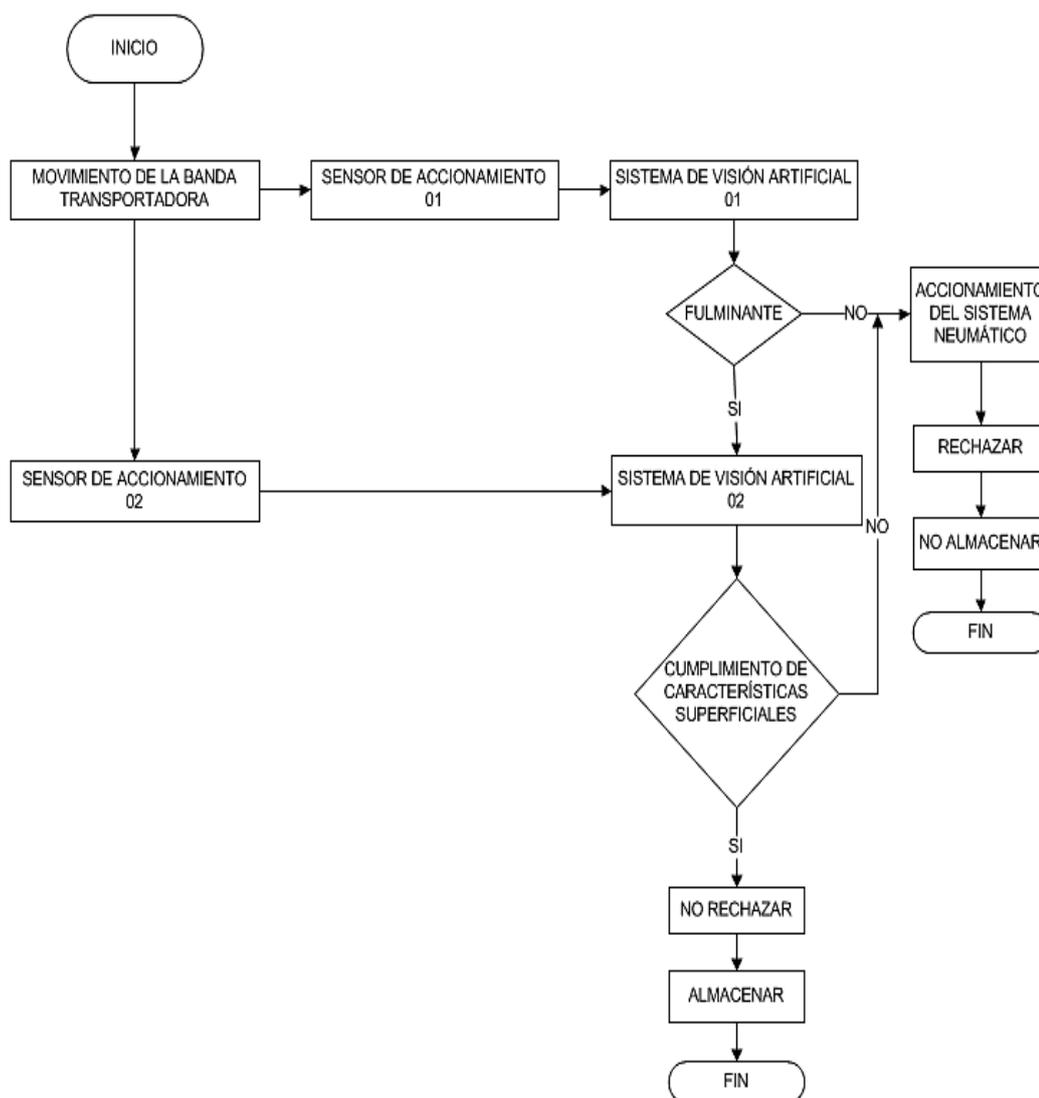
Para la colocación de las cámaras se tiene dos armazones diferentes, cada uno colocados en diferente posición y así poder analizar tanto la parte posterior y superior de la munición. Estos soportes son calibrables y flexibles para futuras adaptaciones y variantes de la máquina.

- **Soporte Para Adecuación Del Sistema Neumático**

Las municiones al continuar su trayectoria en la banda transportadora y luego de pasar por el sistema de visión artificial pasan por un soporte donde se adapta el sistema neumático diseñado con adaptabilidad, de acuerdo a las dimensiones de la munición.

## 1.4.2 INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL MECATRÓNICA

Compuesta por tres sistemas: Sensores de accionamiento, Sistema de visión artificial y Sistema neumático. La figura 2, muestra un diagrama de flujo del proceso de instrumentación.



**Figura 2. Diagrama de flujo del sistema de instrumentación industrial mecatrónica**

### 3.1.1.2 Sensor De Accionamiento

Para la activación del sistema de visión artificial se utilizó un encoder de cuadratura para el envío de una respuesta digital hacia la cámara que realizará la inspección de la vista superior de la munición.

### 3.1.1.3 Sistema De Visión Artificial

El sistema está basado en cámaras que permiten el reconocimiento de fallas de la munición calibre 9mm, de tal manera que cumpla con las especificaciones técnicas acorde a la tolerancia requerida para el control de la misma, operando en tiempo real, siendo preciso y veloz.

### 3.1.1.4 Sistema Neumático

Para la separación de las municiones que no cumplen con las especificaciones requeridas, se utilizó cilindros neumáticos, cuyas dimensiones de diámetro y carrera de vástago serán determinadas después de calcular la fuerza que va a necesitar para mover las piezas que van a estar acopladas al mismo, y junto con esto se calculan todas las variables para el seleccionamiento de todos los componentes neumáticos, tales como: Electroválvulas, Filtro Regulador Lubricador (FRL) y Compresor. De la misma manera el uso de normativas para las instalaciones neumáticas.

### 1.4.3 SISTEMA ELECTRÓNICO Y CONTROL

El diseño de este sistema consta de parámetros como: Variación de la velocidad del motor a través de un variador de frecuencia y la Manipulación de la información obtenida desde los sensores y encoder hacia el sistema de visión artificial que es electrónico y programable, como se especifica para los equipos mecatrónicos. El diagrama de flujo describe lo recién mencionado.

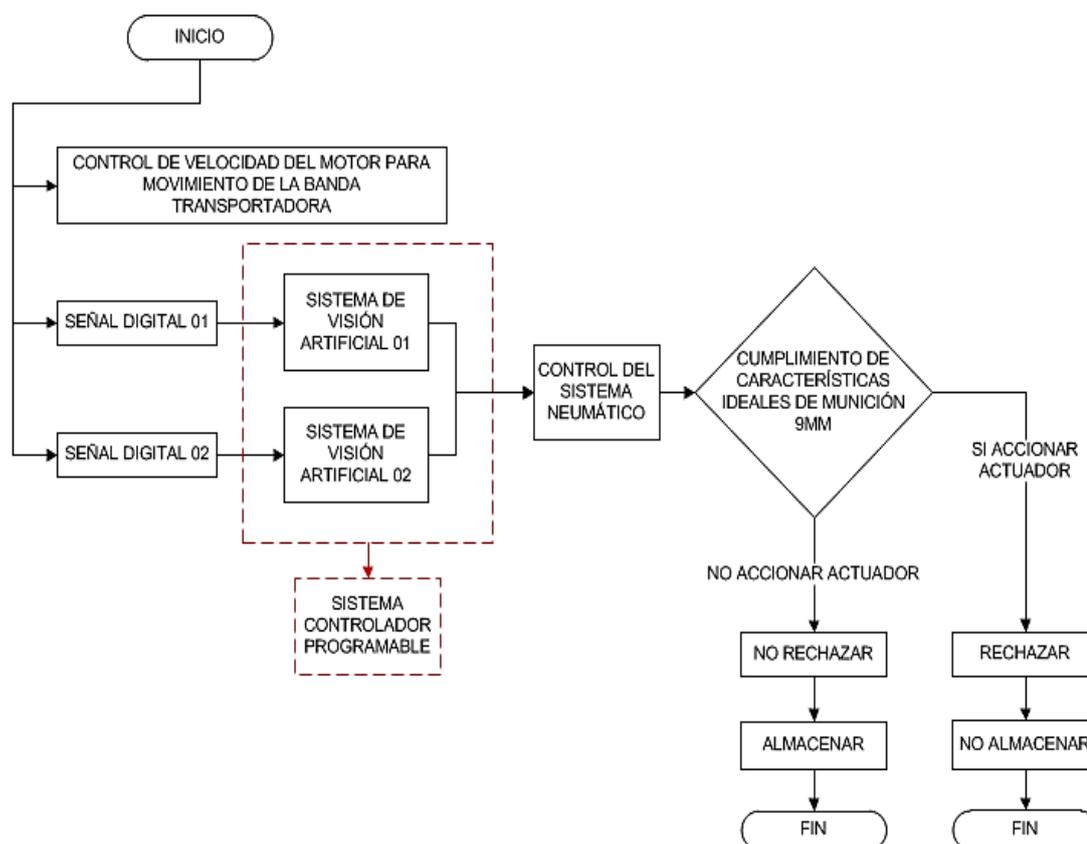


Figura 3. Diagrama de flujo del sistema electrónico y de control

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA MUNICIÓN

##### 2.1.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA DE LA MUNICIÓN

La historia de la guerra nos ha demostrado que de nada sirve disponer de un buen ejército adiestrado si no se tiene suficiente munición en cantidad y calidad. Logísticamente hablando, la munición está caracterizada por los siguientes factores:

- Consumo masivo
- Grandes series de fabricación
- Es un producto perecedero
- Es un producto de vida útil breve
- Su costo debe ser reducido.



**Figura 4. Munición calibre 9mm**

**Fuente:** (ENIGMIND, 2004)

Desde el punto de vista tecnológico, la munición presenta:

- Condiciones técnicas extremas
- Personal altamente especializado

Desde el punto de vista de almacenamiento, transporte y manipuleo, las condiciones son también extremas, por cuanto los elementos deben poseer capacidad para:

- Ser transportados en todos los medios posibles, terrestres y marítimos,
- Resistir golpes y manipuleos violentos.
- Disponer de embalajes y contenedores que soporten condiciones anteriores.

Sin embargo una de las condiciones más estricta es la de su seguridad. Debe ofrecer un porcentaje de confiabilidad de no-funcionamiento del 100% en el transporte y del 95% en la funcionalidad. La necesidad de fabricación en grandes series, es una consecuencia de su demanda masiva; como para tener una noción de consumo podemos hablar de:

**TABLA 1**  
**FUNCIONALIDAD DE DIFERENTES CALIBRES DE MUNICIÓN**

<b>CALIBRE</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>FINALIDAD</b>	<b>FUNCION</b>	<b>TIPO</b>
<b>9 mm</b>	36 tiros	24 Hz. De combate	Tirador individual	Común
<b>7.62 mm</b>	100 tiros	24 Hz. De combate	Tirador individual	Común Trazante Perforante
<b>78 mm</b>	90 cohetes	24 Hz. De combate	Apuntador de Lcoh	Carga hueca Antipersonal
<b>155 mm</b>	4 disparos por segundo	Batir en no más de 3 min.	Pieza de artillería	Antipersonal

**Fuente: (Universidad Tecnológica Nacional, 1996)**

La producción de la munición, requiere de una definición exhaustiva del producto, y de un completo estudio de métodos y procesos con medición de tiempos y estudio de movimientos, un minucioso planteamiento y control de la producción con un servicio de calidad de alto nivel técnico y un abastecimiento asegurado de materias primas y materiales. Entonces concluimos que un plan de producción de munición, no arranca de un día para el otro, requiere del empleo de medios materiales, recursos económicos y tiempo.

### 2.1.2 HISTORIA DE LA MUNICIÓN

En el siglo XVIII se inventa el fusil con la llave de pedernal para hacer instantáneo el disparo, pero en 1830 fue sustituida por la llave de percusión que hizo realizable el disparo al mismo instante de oprimir el disparador. La primera aleación fue la de bismuto con plomo, y el primer revestimiento fue el cobre sobre el plomo.



**Figura 5. Sistema de carga elaborado en 1830**

**Fuente:** (Cameron, 2000)

El empleo de esta bala facilitó la carga y permitió una cadencia de tiro de dos o tres disparos por minuto, pero no era suficiente. La primera de ellas fue la bala Hunt, patentada en 1848, consistía en un proyectil hueco repleto de pólvora, y cerrado en su parte posterior con un disco de cartón dotado de un pequeño orificio para permitir la ignición de la carga.



**Figura 6. Bala Hunt**

**Fuente:** (Cameron, 2000)

Actualmente, aprovechando los últimos progresos tecnológicos se ha logrado mejorar proyectiles más potentes, fiables y precisos.

### 2.1.3 PARTES DE LA MUNICIÓN 9 MM

La morfología de la munición de 9 mm está compuesta por: Bala, Vaina, Pólvora y Cápsula Iniciadora. En la figura 7, se muestran más características.



**Figura 7. Partes de la munición 9mm**

**Fuente:** (COPSLOCALES, 2008)

### 2.1.4 CLASIFICACIÓN DE LA MUNICIÓN

Según:

#### 2.1.4.1 Su Material De Constitución De La Vainilla

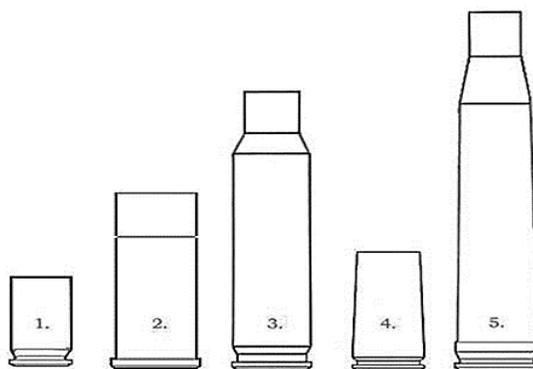
- Metálicas
- Semimetálicas
- Plásticas

#### 2.1.4.2 Su Sistema de Percusión

- Anular
- Central

#### 2.1.4.3 Su Forma Geométrica

En la figura 8, se muestra su clasificación:

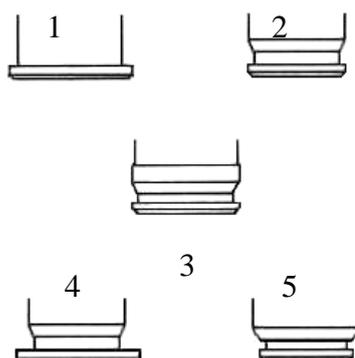


**Figura 8. Por su forma geométrica, de izquierda a derecha: Cilíndrica, Cilíndrica Entallada, Cilíndrica Golleteada, Cónica, Cónica Golleteada**

**Fuente:** (SNIPERS ELITE, 2005)

#### 2.1.4.4 Según La Forma Externa Del Culote

En la figura 9, se muestra su clasificación:



**Figura 9. Por su forma geométrica: 1. Pestaña, 2. Ranura, 3. Reforzada, 4. Ranura y Pestaña, 5. Ranura y Pestaña Corta**

**Fuente:** (SNIPERS ELITE, 2005)

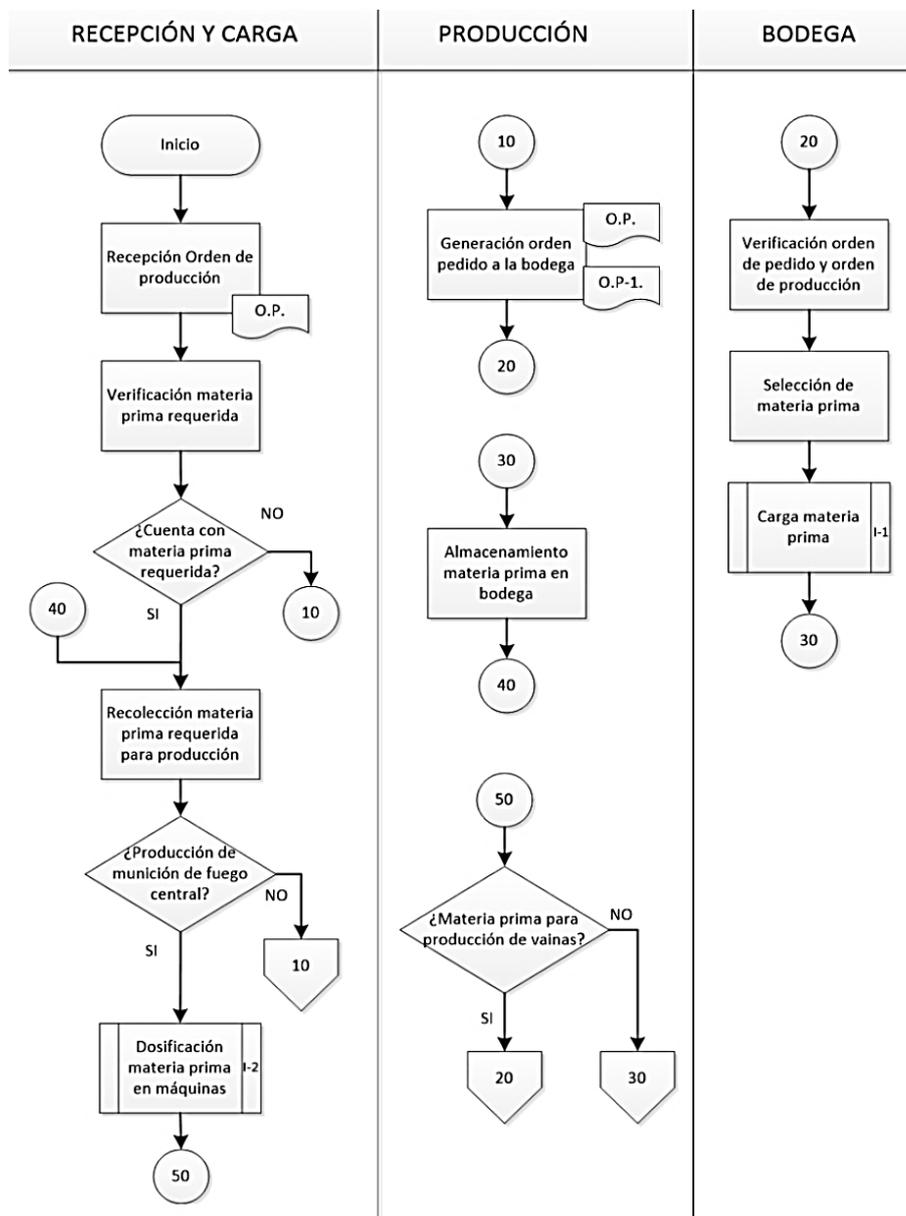
#### 2.1.5 TIPOS DE CALIBRE DE MUNICIÓN

El calibre de un arma de fuego es el diámetro del proyectil que se dispara. En esta lista se exponen los calibres en pistolas y revólveres más comunes.

- 7.62x33 mm
- 9 mm Parabellum
- .375 H&H Magnum

## 2.1.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MACROPROCESO PRODUCTIVO Y PROCESO DE ARMAS Y MUNICIONES “SANTA BÁRBARA” E.P

En la figura 10, se muestra el seguimiento que se realiza a partir de la llegada de la materia prima hasta la entrega de la munición al mercado a fin



### DOCUMENTOS:

(O.P) Orden de producción requerido para obtener materia prima de la bodega.

O.P-1 Orden de pedido a la bodega, contiene cantidad requerida por el área de producción y cantidad disponible.

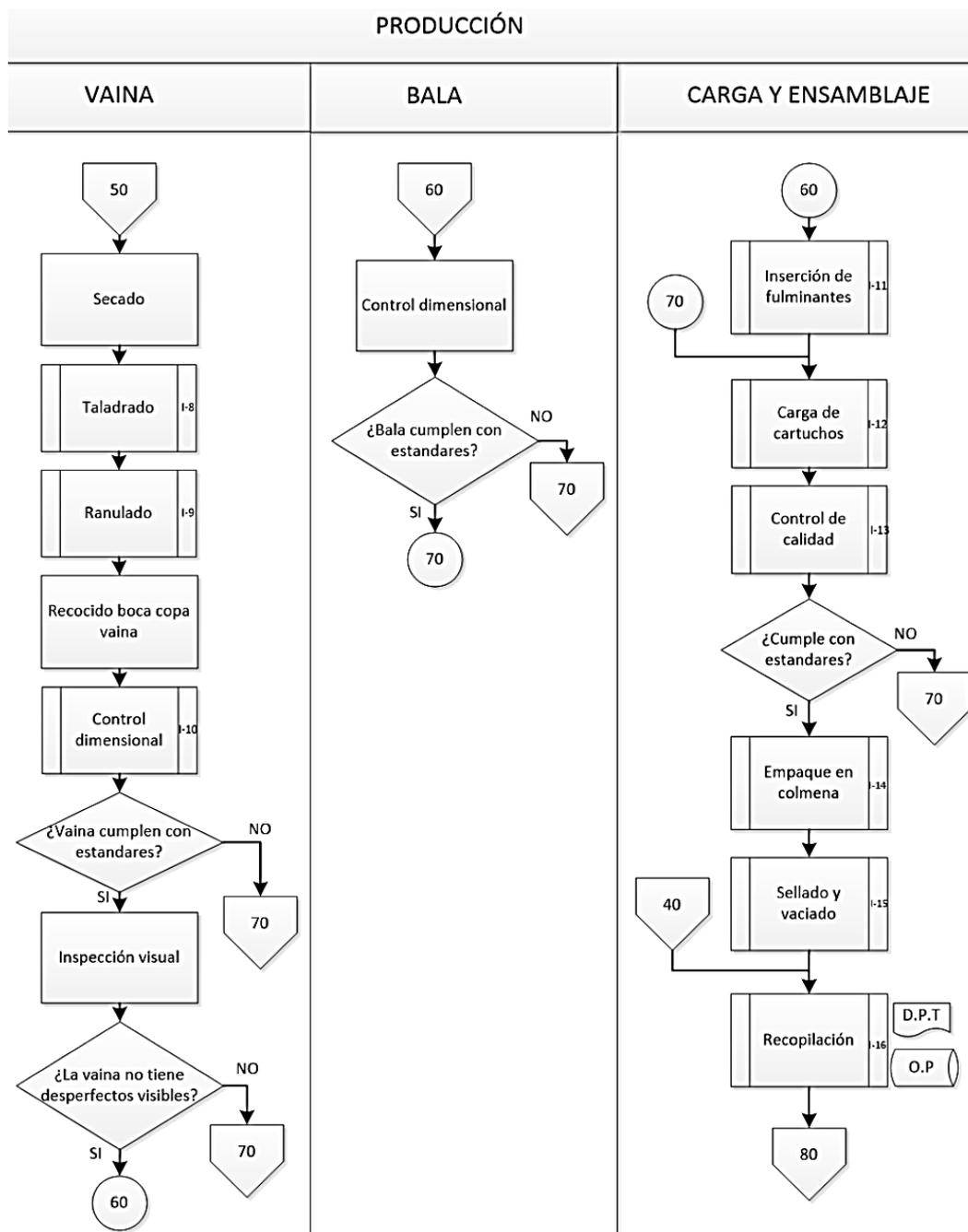
### INSTRUCCIÓN

I-1: La materia prima es transportada en pallets y trasladada por camioneta o por montacargas.

I-2: La materia prima es seleccionada dependiendo del tipo de munición a producir y preparada para ser dosificada en las respectivas máquinas.

**Figura 10. Diagrama de flujo principal: recepción, carga, producción y bodega**

**[Realizado por Ing. Marco Cuvero, Ingeniero Industrial]**



## INSTRUCCIÓN

I-8: Taladrado de oídos de la Copa vaina.

I-9: Ranulado y torneado de la boca de la copa vaina.

I-10: Control dimensiones formadas en la vaina con respecto a hueco de fuego central, y cuello.

I-11: Inserción de fulminante en la copa vaina.

I-12: Ensamblaje de la copa vaina y copa bala con la cantidad de pólvora requerido por tipo de munición.

I-13: Pesaje, codificación e inspección visual por unidad producida.

I-14: Empaquetado en colmenas de 20 unidades para munición calibre 5,56 mm, y de 50 unidades para la munición de calibre 9 mm.

I-15: Empaquetado en fundas al vacío de 25 cajas.

I-16: Recopilación de cajas producidas en cargas unitarias para transporte en montacargas.

## DOCUMENTOS:

(D.P.T.) Documento producto terminado

(O.P.) Cerrado de orden de producción en el sistema.

Figura 11. Diagrama de flujo para producción de vaina, bala, carga y ensamble

[Realizado por Ing. Marco Cuvero, Ingeniero Industrial]

## 2.1.7 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM

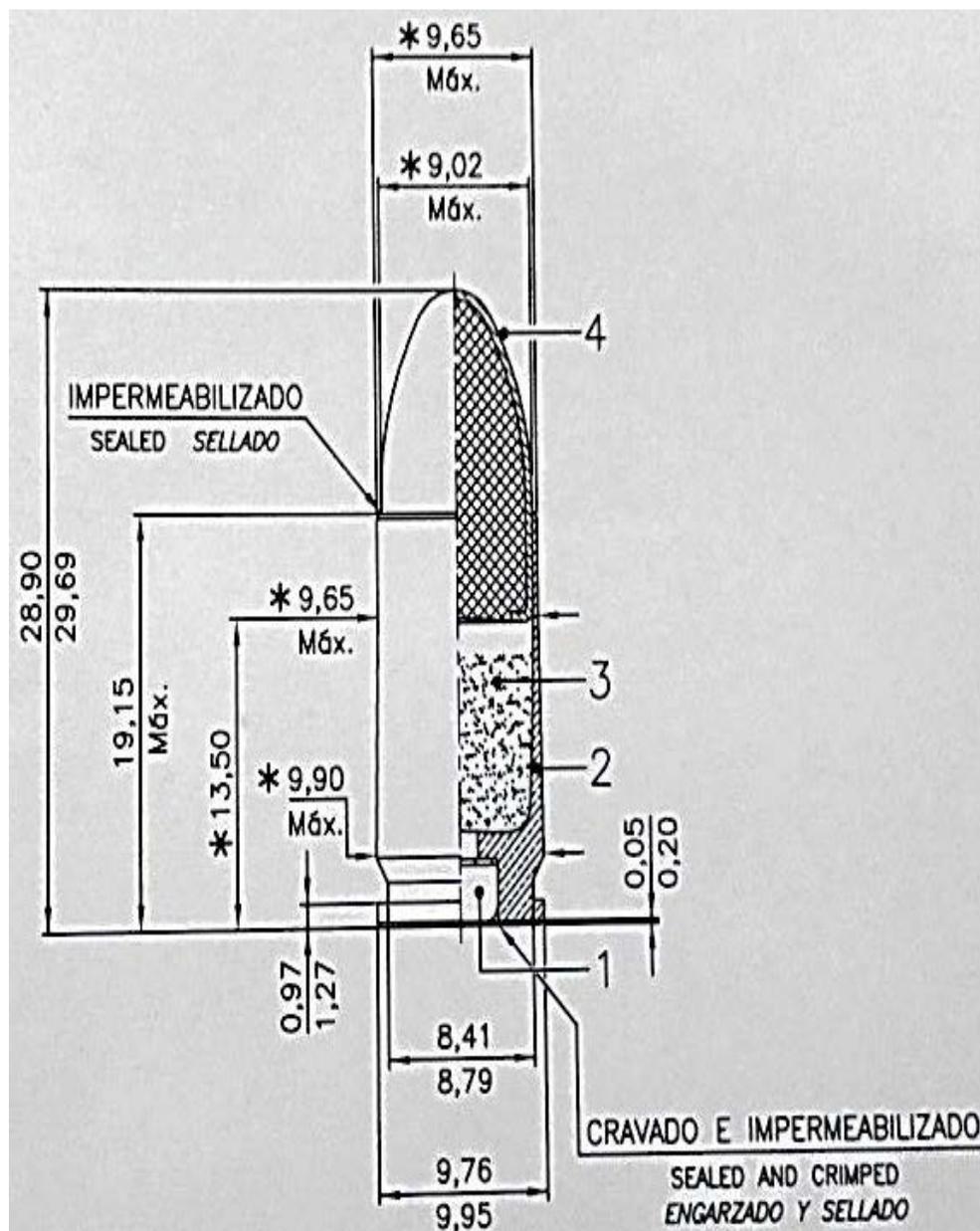
A continuación se muestra la siguiente tabla con las principales características de la munición calibre 9mm del cual se va a realizar el control de calidad a través de la inspección visual.

**TABLA 2**

### **CARACTERÍSTICAS DE LA MUNICIÓN CALIBRE 9MM [S.B]**

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>VALORES NOMINALES</b>
<b>Tipo de munición</b>	SB 9
<b>Calibre</b>	9 x 19 mm
<b>Núcleo del proyectil</b>	Punta de acero y núcleo de plomo
<b>Proyectil</b>	Punta Redonda
<b>Velocidad a 16 m/s</b>	360 M/S <sup>+</sup> /– 15 M/S
<b>Longitud del Cartucho</b>	Máx.: 29.69 mm; Mín.: 28.9 mm
<b>Peso cartucho</b>	Máx.: 12.45 gr; Mín.: 12.15 gr
<b>Longitud de la bala</b>	Máx.: 15.50 mm; Mín.: 15.10 mm
<b>Peso de la bala</b>	Máx.: 8.10 gr; Mín.: 7.97 gr
<b>Diámetro de la bala</b>	Máx.: 9.03 mm; Mín.: 9.00 mm
<b>Material de la bala</b>	Camisa: Latón 90/10 Núcleo: Plomo aleado con antimonio
<b>Material de la vaina</b>	Latón 70/30
<b>Identificación en el culote</b>	En el culote irá el marcaje del calibre de la munición, así como cualquier otro tipo de marcación requerido por el fabricante.
<b>Identificación en la vainilla</b>	En el cuerpo de la vainilla irá una identificación para saber que es munición utilizada por la Policía Nacional. También estarán impresos los dos últimos dígitos del año de fabricación, el lote y la identificación de la Policía Nacional en letra mayúscula legible.
<b>Certificado</b>	Que la munición entregada es para uso exclusivo de la Policía Nacional y que los componentes tienen vida útil de 10 años.

**Fuente:** (Santa Bárbara E.P, 2013)



**Figura 12. Medidas de la munición de 9mm**

**Fuente:** (Santa Bárbara E.P, 2013)

## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD MANUAL

Todo el conjunto de la máquina que se dispone en “Santa Bárbara” es la Máquina de Pesaje e Inspección visual PC 56 la cual es de tecnología italiana de marca MANURHIN, siendo un sistema complejo y completamente mecánico.



**Figura 13. Vista Frontal del Sistema de Control de Calidad Manual**  
**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**

Esta máquina está diseñada para el pesaje y la inspección visual de los cartuchos de fusil. Se compone esencialmente de:

- Máquina de pesaje que ordena los cartuchos en 3 clases (peso demasiado bajo, peso demasiado pesado y peso exacto).
- Accesorio de inspección visual manual que permite la detección de cualquier cartucho que muestra defectos de aspecto.



**Figura 14. Vista Lateral del Sistema de Control de Calidad Manual**  
**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**

### 2.2.1 MÁQUINA DE PESAJE TIPO PC 56

El sistema tiene una base de acero soldada que encierra el mecanismo de accionamiento así como dos cajones para componentes rechazados y un agujero en el cual las municiones con el peso exacto son expulsadas para luego pasar al siguiente proceso de inspección visual. Todo el soporte de la estación de pesaje y los accesorios de alimentación es soportada por una tabla base de acero.



**Figura 15. Vista Frontal de la Máquina de Pesaje Tipo PC 56**  
**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**

La máquina es accionada por una caja de engranaje que transmite su movimiento al eje motriz, embrague y dos ruedas dentadas; este eje de accionamiento acciona el cuerpo de la estación por medio de un tornillo sin fin. El cuerpo está provisto con un dispositivo de fricción ajustable que permite la rotación de la placa soporte el cual servirá de apoyo y base para las municiones que serán pesados por la balanza cuyo sistema es completamente mecánico. La alimentación se realiza por una tolva de alimentación que gira constantemente de manera que los cartuchos se encuentran colocados horizontalmente y uno por uno a fin de evitar cualquier choque en el conducto. Este último consta de rodillos con muescas que mantienen los cartuchos a intervalos regulares hasta que lleguen a la corredera de alimentación. Dicha

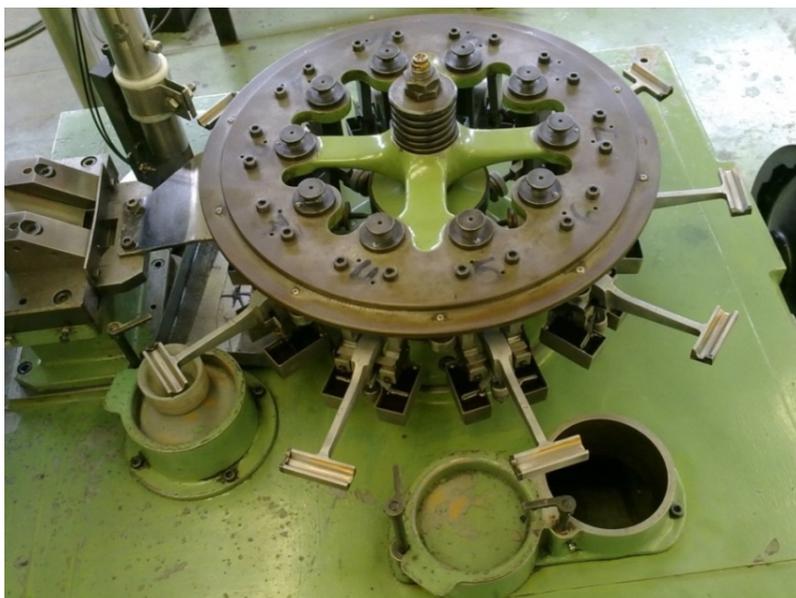
corredora se controla por medio de rodillos integrales el cual está equilibrado con la placa soporte.



**Figura 16. Feeder (lado izquierdo) y Mecanismo de Colocación Horizontal para las Municiones hacia el Sistema de Pesaje (lado derecho)  
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**

De la estación de pesaje le cuelgan 10 balanzas de precisión ajustables que se nivela con el peso de la munición al contrarrestar con contrapesos y con estabilizadores de glicerina. La estación está equipada con 3 mangas que sirve de guía para el extremo de la viga durante el pesaje. En otras palabras, el extremo de la viga irá bien en la pista inferior si el peso es demasiado bajo o en la pista superior si el peso es demasiado alto o en la pista de media si el peso es correcto. Por ello, de acuerdo con la posición del haz de los componentes a tope de la munición contra una de las tres paradas sucesivas fijas a tres alturas diferentes por encima de la mesa de la máquina sucederá:

- La primera parada expulsa cartuchos demasiados livianos.
- El segundo vuelca municiones demasiadas pesadas.
- El tercero elimina los cartuchos dentro de los límites especificados.



**Figura 17. Estación de Pesaje**  
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]

### 2.2.2 MÁQUINA DE INSPECCIÓN VISUAL MANUAL TIPO PC 56

Las piezas defectuosas que caen en uno de los dos cajones quedan completamente descartadas, sin embargo la que sale por el orificio lateral de la máquina, se dirigen hacia el cinturón de la inspección visual a través de una rampa inclinada.



**Figura 18. Vista lateral de la Estación de Pesaje mostrando el agujero de salida con la Munición con el Peso Exacto**  
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]

El sistema consta de:

- Un marco de acero placa soldada.
- Una correa de la inspección visual inclinada operada por un motor y una caja de engranaje montado en el pie derecho del marco.
- La banda reúne los cartuchos que salen de la máquina y los lleva bajo un tubo fluorescente que permite la detección de cualquier defecto. Existen dos operadores uno a cada extremo de la parte horizontal de la banda transportadora para examinar el cartucho que pasa a través de la zona iluminada y luego colocarlas en las cajas a las óptimas y descartarlas a las que no cumplen con las especificaciones de una munición en correcto estado.
- El equipo también dispone de una caja de control que incluye el interruptor de la iluminación y el botón STOP que permite al operador detener la máquina y el cinturón de inspección.



**Figura 19. Sistema de Pesaje Manual**

**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**

### 2.3 SITUACIÓN ACTUAL Y ÁREA DE INFLUENCIA DE LA MÁQUINA

Actualmente, la empresa de municiones “Santa Bárbara” E.P posee dos máquinas PC 56 que realizan el sistema de control de pesaje y el sistema de inspección visual manual, sin embargo a partir de finales del año 2014, el incremento de venta de municiones de calibre de 9mm en el campo militar se va a triplicar y con ello también la producción. Por tal razón, nuestra tesis está enfocada al mejoramiento de inspección tanto en rapidez como en eficiencia para obtener un resultado mucho más fiable al realizar el control de calidad de la munición calibre 9mm. El sistema está compuesto principalmente de un sistema mecánico que opera con una banda transportadora para que las municiones puedan trasladarse y a la vez puedan girar gracias a la inclinación que el armazón tiene y así el operario pueda inspeccionar de forma manual cualquier falla que se presentara en la munición.

Es por ello que el desarrollo de la aplicación de la Ingeniería Mecatrónica aspira brindar un diseño automatizado, que cumpla con todos los requerimientos planteados por la Empresa de Municiones Santa Bárbara E.P. Dar solución de mejora del control de calidad a la munición calibre 9mm; asegurando que el producto cumpla con los requerimientos exigidos por el cliente. Las fallas que actualmente se observan en las municiones de calibre de 9mm pueden ser por aplastamiento, fallas por deformación en la parte superficial de la vainilla, decoloración, falta de fulminante, entre otros, como:



**Figura 20. De izquierda a derecha: Mal pulimiento de Vaina, Golpe en Vaina, Deformación Punta de Bala, Fuerte Deformación de Bala [Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**



**Figura 21. De izquierda a derecha: Raya leve en la parte inferior de la Vaina, Abolladura de la Vaina, Aplastamiento en máquina, Rebaba de la Vaina**  
**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**



**Figura 22. De izquierda a derecha: Deformación de la Vaina – Bala, Hendidura Parte Inferior de la Vaina, Fuerte Deformación Boca de la Vaina, Leve Deformación de la Bala**  
**[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]**



**Figura 23. De izquierda a derecha: Deformación Superior del Cuerpo de la Bala, Hendidura Parte Superior de la Vaina, Muecas en la Bala, Aplastamiento en Parte Inferior de la Bala**

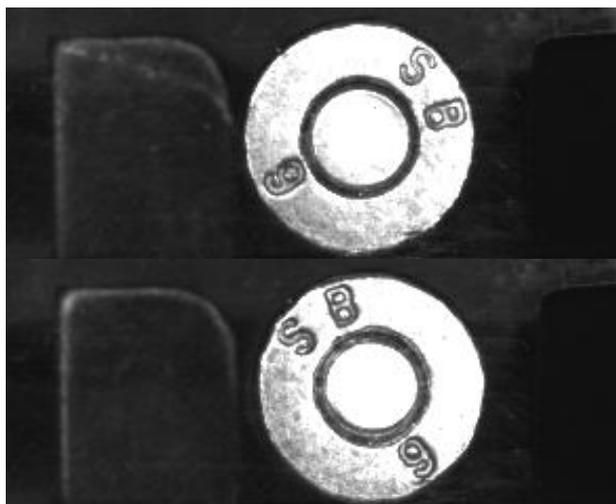
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]



**Figura 24. De izquierda a derecha: Codificación Errónea – Fulminante con Anillo Erróneo – Aplastamiento en la superficie de la Munición – Hendidura en Fulminante – Deformación en Fulminante – Fulminante armado al revés – Sin Fulminante**

[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]

En la tabla 2 se mostró las especificaciones de la munición buena y las tolerancias que se considerará para efectuar el proceso de control de calidad de la munición calibre 9mm a través de inspección artificial. En la figura 25 se captura una imagen dentro de la banda transporta por la cámara monocromática que muestra el fulminante correcto y en la figura 26 la captura de la cámara a color de la parte superior de la munición buena.



**Figura 25. Culata de la Munición Capturada por la Cámara Monocromática**  
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]



**Figura 26. Cuerpo de la Munición Capturada por la Cámara a Color**  
[Foto Autorizada por la Empresa “Santa Bárbara” E.P]

## 2.4 RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

### 2.4.1 ESPECIFICACIONES MECÁNICAS Y ELÉCTRICAS DE LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN VISUAL MANUAL TIPO PC 56

En la siguiente tabla se presentan las características del Moto-Reductor y las características generales de la máquina de Visión Manual PC 56:

**TABLA 3**  
**CARACTERÍSTICAS DEL MOTO – REDUCTOR**

CARACTERÍSTICAS	VALORES NOMINALES
Velocidad de salida del reductor	1500 RPM
Velocidad de salida del reductor	24 RPM
Potencia del motor	0.25 kW
Tensión de Alimentación	220 V Trifásica – 60 Hz
Caja de terminales	Tierra
Protección	IP 55 - Aislamiento Tropical

Fuente: (Empresa Alemana, 1969)

**TABLA 4**  
**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MÁQUINA DE VISIÓN MANUAL PC 56**

CARACTERÍSTICAS	VALORES NOMINALES
Potencia de Consumo	0.77 KW
Capacidad de máquina por hora	5100
Tensión de Servicio	220 V Trifásica – 60 Hz
Tensión de Comando	110 V Trifásica – 60 Hz
Corriente Nominal	2.1 A
Caja de terminales	Tierra
Protección	IP 55 - Aislamiento Tropical
Lubricador	LUB

Fuente: (Empresa Alemana, 1969)

## CAPÍTULO 3

# REDISEÑO MECÁNICO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN Y BANDA TRANSPORTADORA

### 3.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Para realizar las consideraciones de diseño, se deja constancia que el sistema que se realizó en algunas piezas fue diseño ingenieril en un 25%, sin embargo la reingeniería de la máquina fue en un 75%.

El concepto de aplicar diseño, es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema, por ello hay funciones que deben realizarse mediante códigos y normas por la siempre presente economía, por seguridad y por consideraciones de responsabilidad legal del producto. En el área de diseño está presente el factor de seguridad, el factor de diseño ya sea de forma determinista (absoluta) o en un sentido estadístico en consideraciones de dimensiones, tolerancias, unidades y cálculos. Por lo tanto, se deben considerar las siguientes características:

- Funcionalidad
- Seguridad (antiexplosivo)
- Confiabilidad
- Manufacturabilidad
- Desgaste / Corrosión
- Costo
- Fricción
- Resistencia/Esfuerzo
- Vida útil
- Ruido
- Tamaño
- Control
- Mantenimiento
- Distorsión/Deflexión/Rigidez

Estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema; sin embargo algunas características se encuentran interrelacionadas lo que afecta la configuración del sistema total. El desarrollo de este proyecto se generó en diseños tridimensionales

mediante el uso de un software de CAD: Solid Works 2013, la misma que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como área, volumen, masa, localización del centro de gravedad y los momentos de inercia de masa. La Empresa de Municiones “Santa Bárbara” E.P para el desarrollo del presente proyecto nos entrega una referencia del control de calidad que hace la máquina de inspección de forma manual para el calibre 9mm en un promedio de 61.2 municiones/min con la intervención de dos personas para la inspección, y dos personas más para el ingreso de y salida de la munición. El horario laboral es de 8 horas pero se trabaja en la máquina de inspección 7 horas; por lo tanto en la siguiente tabla se muestra la capacidad de la máquina de pesaje PC 56:

**TABLA 5****CAPACIDAD DE MÁQUINA DE PESAJE PC 56 PARA 8 HORAS**

<b>HORA</b>	<b>CAPACIDAD DE MÁQUINA DE PESAJE PC 56</b>
1	3672 Municiones
7	25704 Municiones

**[Fuente: Información proporcionada por “Santa Bárbara” E.P]**

Las cámaras de visión artificial podrán analizar hasta  $\frac{1}{2}$  segundo por cada munición. Sin embargo, para hacer los cálculos de capacidad que inspeccionará se realizará con la mínima operabilidad que podría trabajar las cámaras la cual es  $\frac{3}{4}$  de segundo por cada munición. En la siguiente tabla se especifica las municiones que procesará las cámaras:

**TABLA 6****CANTIDAD MÍNIMA DE MUNICIÓN CALIBRE 9MM A INSPECCIONAR POR LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN ARTIFICIAL**

<b>SEGUNDOS</b>	<b>CAPACIDAD DE INSPECCIÓN ARTIFICIAL</b>
$\frac{3}{4}$	1 Munición
60	80 Municiones
3600	4800 Municiones

Entonces de acuerdo a la tabla 6 se deja en constancia que por hora se inspecciona 4800 municiones. Por lo tanto, en las 7 horas se inspeccionará 33600 municiones. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo a las velocidades de reconocimiento y procesamiento de información de la imagen a la cual trabajan las cámaras NATIONAL INSTRUMENTS se podría ascender a una capacidad de inspección de 120 municiones por minuto. Otras de las consideraciones de diseño que se tuvo en cuenta es:

- Alimentación eléctrica de la máquina a 220V (conexión trifásica) a 60Hz.
- Alimentación neumática de 6 bares puesta en la empresa “Santa Bárbara”

### 3.2 ANÁLISIS DEL ENTORNO

El Sistema de Evaluación del Lugar y Diseño, es una herramienta desarrollada por el IMOA (International Molybdenum Association) que proporciona un panorama inicial de la susceptibilidad a la corrosión. El sistema evalúa cuatro variables: Condiciones del ambiente (contaminación), Condiciones del clima, Consideraciones del diseño de la aplicación y Programa de mantenimiento previsto. Entonces, en cada sistema se analiza los siguientes parámetros:

**TABLA 7**

#### **1 SISTEMA DE EVALUACIÓN: CONDICIONES DEL AMBIENTE**

<b>PUNTOS</b>	<b>AMBIENTE: SELECCIONAR LA CALIFICACIÓN APLICABLE MÁS ELEVADA</b>
	Rural
<b>0</b>	Muy baja o nula contaminación
	Contaminación urbana (industrias ligeras, emisiones de automóviles)
<b>1</b>	Baja
<b>2</b>	Moderada
<b>3</b>	Elevada
	Contaminación industrial (gases agresivos, óxidos de hierro, químicos, etc.)
<b>3</b>	Baja a moderada
<b>4</b>	Alta

**Fuente: (APLICAINOX, 2011)**

**RESULTADO TABLA 7:** Según estudios realizados por el ÁREA DE MEDIO AMBIENTE INDUSTRIAL DE SANTA BÁRBARA E.P, no existen gases agresivos en el área de ARMAS Y MUNICIONES donde va a estar ubicada la máquina de inspección. Entonces, el resultado tiene como PUNTUACIÓN 0.

**TABLA 8**

**2 SISTEMA DE EVALUACIÓN: CONDICIONES DEL CLIMA**

PUNTOS	CLIMA LOCAL ESTÁNDAR: SELECCIONAR SOLO UNO
-1	Climas templados o fríos, regulares aguaceros
-1	Climas calientes o fríos con humedad típicamente por debajo del 50%
0	Clima frío o templado con ocasionales aguaceros
0	Tropical o subtropical, húmedo con regulares aguaceros o por temporadas.
1	Climas templados, lluvias aisladas, humedad superior al 50%
1	Regulares lloviznas o niebla frecuente

**Fuente: (APLICAINOX, 2011)**

**RESULTADO TABLA 8:** Según fuentes de meteorología, el clima de Sangolquí es un clima tropical, húmedo con regulares aguaceros o por temporadas lo que da como PUNTUACIÓN 0.

**TABLA 9**

**3 SISTEMA DE EVALUACIÓN: CONSIDERACIONES DEL DISEÑO**

PUNTOS	CONSIDERACIONES DEL DISEÑO: SELECCIONAR LAS QUE APLIQUEN
0	Expuesto para una fácil limpieza de la lluvia
-2	La superficie está decapada, electro pulida o con una rugosidad $\leq R_a 0.3 \mu m (12 \mu in)$
-1	Acabado superficial con una rugosidad $R_a 0.3 \mu m (12 \mu in) < X \leq R_a 0.5 \mu m (20 \mu in)$
1	Acabado superficial con una rugosidad $R_a 0.5 \mu m (20 \mu in) < X \leq R_a 1 \mu m (40 \mu in)$
2	Acabado superficial con una rugosidad $> R_a 1 \mu m (40 \mu in)$
1	Lugares cubiertos o cavidades sin sellar

**Fuente: (APLICAINOX, 2011)**

*RESULTADO TABLA 9:* En el diseño de la máquina, algunas partes se encuentran completamente rectificadas, mientras que otras piezas de la superficie del elemento se encuentran con un tratamiento superficial, por tal motivo el resultado de este análisis es el siguiente: La superficie está decapada, electro pulida o con una rugosidad  $\leq R_a 0.3 \mu m (12 \mu in)$ , obteniendo una PUNTUACIÓN -2.

**TABLA 10**

**4 SISTEMA DE EVALUACIÓN: PROGRAMA DE MANTENIMIENTO**

<b>PUNTOS</b>	<b>MANTENIMIENTO PREVISTO: SELECCIONAR SOLO UNO</b>
<b>0</b>	Sin lavado
<b>-1</b>	Lavado al menos 1 vez al año
<b>-2</b>	Lavado cuatro o más veces al año
<b>-3</b>	Lavado al menos 1 vez al mes

**Fuente: (APLICAINOX, 2011)**

*RESULTADO TABLA 10:* Agentes externos como partículas de polvo, podrían ingresar a la máquina y partes de la misma; que al combinarse con los lubricantes (aceites, grasas) colocados en la máquina, tienen un efecto abrasivo que es perjudicial para los componentes del sistema mecánico. Por lo tanto, el resultado será un lavado al menos 1 vez al año lo que da una PUNTUACIÓN -1.

### 3.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

Del sistema de evaluación anterior se obtienen los siguientes resultados:

**TABLA 11**

**RESULTADOS DEL SISTEMA DE EVALUACIÓN DEL LUGAR Y DISEÑO**

<b>PUNTAJE</b>	<b>ESPECIFICACIONES</b>
0	Condiciones del ambiente (contaminación)
0	Condiciones de clima
-2	Consideraciones del diseño
-1	Programa de mantenimiento previsto
<b>TOTAL</b>	<b>-3</b>

A continuación se detalla las ponderaciones para el resultado de la evaluación:

<b>Calificación total</b>	<b>Selección de acero inoxidable</b>
0 a 2	El tipo 304/304L (UNS S30400, EN 1.4301, SUS 304) es, generalmente, la elección más efectiva en cuanto a costo
3	El tipo 316/316L (UNS 31600, EN 1.4401, SUS 316) o 444 (UNS S44400, EN 1.4521, SUS 444) es, generalmente, la elección más efectiva en cuanto al costo.
4	Se sugiere el empleo de un tipo 317/317L (UNS S31703), EN 1.4438, SUS 317L) o un acero inoxidable más resistente a la corrosión.
≥5	Puede necesitarse un acero inoxidable más resistente a la corrosión tal como el 2205 (UNS S32205, EN 1.4462, SUS 29J3L), 904L (UNS N08904, EN 1.4539, SUS 890L), 317LMN (UNS S31726, EN 1.4439, SUS 317LN), superdúplex, superferríticos o super-austeníticos con 6% de molibdeno.

**Figura 27. Selección por calificación del Acero Inoxidable**

**Fuente:** (APLICAINOX, 2011)

Por lo tanto, con el resultado anterior se establece que no se requiere de un acero inoxidable, sin embargo es muy necesario el recubrimiento de protección para la eliminación de contaminantes superficiales y ayuda para la anticorrosión de la máquina. También es imprescindible considerar la disponibilidad de los materiales; puede ocurrir que el material deseado no exista en las cantidades, medidas o formas necesarias. El objetivo es llegar a una combinación del material y su correcto proceso de fabricación de la máquina de inspección visual para su óptimo funcionamiento ya que cabe mencionar que no todos los procesos son compatibles con todos los materiales. Otro factor a considerar es el costo ya que forma parte importante del proceso de selección. Para la selección de los materiales para la máquina de inspección visual se dividió en tres grupos, entre los cuales se define:

- Bases, soporte, cubiertas, armazón delantero y posterior de la máquina.
- Placas para el sistema de alimentación
- Ejes de transmisión

A continuación se detallan los aceros y aleaciones para la construcción mecánica del sistema.

**TABLA 12**

**CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA**

<b>CLASIFICACIÓN</b>	<b>SUB-CLASIFICACIÓN</b>
<b>Bonificados</b>	Böhler V320
	Böhler V155
	Böhler E410
<b>Para Cementación</b>	Barra Perforada
	E920 Transmisión
	AISI 3115
<b>Al Carbono</b>	Böhler V945
	Acero A36
<b>Bronces</b>	Bronce al Estaño SAE 65
	Bronce Dulce
	Bronce al Aluminio
<b>Para Trabajo en frío</b>	DF – 2
	Acero Plata

**Fuente: (ACERIAS BÖHLER Y ACEROS MG, 2012)**

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS ACEROS DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA

La descripción detallada de cada acero se especifica a continuación:

#### 3.3.1.1 Aceros Bonificados

- **Böhler V 320: Acero AISI 4140**

Generalidades: De alta resistencia a la tracción y torsión en medianas y pequeñas secciones.

Aplicaciones: Para la construcción de partes y piezas de automotores, moto reductores, árboles de transmisión, ejes, bielas, pernos grado 6, tuercas, pines, émbolos, ejes de bombas, cañones ara armas de cacería.

- **Böhler V 155: Acero AISI 4340**

Generalidades: Además de estar aleado al cromo, se encuentra aleado al níquel, molibdeno, siendo apto para altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes, como tracción, torsión y flexión.

Aplicaciones: Para la fabricación de partes y piezas de mayores dimensiones como: aviones, maquinaria pesada, ejes para hélices, cigüeñales, barras de torsión, ejes de levas, ejes de bombas, pernos y tuercas de alta tensión, rodillos para transportadoras, vástagos y pines, brazos de dirección, ciertos engranajes sometidos a grandes esfuerzos, discos de embrague.

### 3.3.1.2 Acero de Maquinaria para Cementación

- **Böhler E 410: Acero AISI 5115**

Generalidades: Acero para cementación aleada al cromo – manganeso para piezas de construcción mecánica sometidas a desgaste superficial y elevados esfuerzos mecánicos.

Aplicaciones: Para la fabricación de repuestos para automotores y maquinaria en general, como: bielas, bujes, piñones restos, piñones cónicos, piñones helicoidales, ejes, sinfines, palancas, piezas de dirección, pines, vástagos.

- **Barra Perforada**

Generalidades: Es un acero de mayor resistencia mecánica en estado de suministro que otros aceros de bajo carbono por su micro aleación de vanadio, tratado con aluminio.

Aplicaciones: Para elementos de maquinaria como bocines, piñones, cuerpos de bombas, anillos, separadores, casquillos de protección, bujes, ejes, rodillos, accesorios de perforación de pozos de petróleo.

- **Böhler E 920 Transmisión - Acero AISI 1018**

Generalidades: Acero para cementación no aleado para piezas pequeñas exigidas principalmente al desgaste, donde la tenacidad del núcleo no sea importante. Buena soldabilidad.

Aplicaciones: Para la construcción de levas uniones, bujes, pines, pivotes, partes prensadas o troqueladas, pernos grado 2, ejes de transmisión con baja exigencia al torque.

- **Acero 7210 – AISI 3115**

Generalidades: Es un acero aleado para cementación, con un núcleo de alta resistencia. Se utiliza para casos donde se requiere alta dureza y resistencia al desgaste superficial, combinado con buena tenacidad del núcleo.

Aplicaciones: Industria automotriz, para realización de piñones, ejes estriados, cigüeñales, etc. Maquinaria como: ejes, engranes de reducción, cojinetes, tornillería con exigencias de dureza exterior, etc.

### **3.3.1.3 Acero al Carbono**

- **Böhler V945 - AISI 1045**

Generalidades: Acero al carbono de alta calidad, de mayores propiedades mecánicas que el acero de transmisión, puede mejorar sus propiedades mecánicas si es bonificado.

Aplicaciones: Para la fabricación de partes de maquinaria sometida a esfuerzos normales como: árboles de transmisión ejes, pernos, tuercas, ganchos, pines de sujeción, pasadores, cuñas, chavetas, porta matrices.

- **Acero A36**

Generalidades: Es un acero dulce o de bajo carbono. Se encuentra típicamente en forma de placa como material estructural. Sin embargo, se encuentra a veces en forma de barra. Como todo acero dulce, es propenso a la oxidación, pero con un recubrimiento químico relativamente simple, resulta menos costoso que el acero inoxidable. También es conocido como un acero de fácil soldabilidad.

Aplicaciones: En la construcción, y es moldeado en perfiles y láminas, usadas en edificios e instalaciones industriales; cables para puentes colgantes, atirantados y concreto reforzado; varillas y mallas electro soldada para el concreto reforzado; láminas plegadas usadas para techos y pisos.

### 3.3.1.4 Bronces

- **Bronce al Estaño SAE 65**

Generalidades: Bronce de estructura compleja, cuyo mayor porcentaje de estaño genera ventajas en resistencia mecánica y dureza, catalogado como bronce fosfórico, por la presencia de fósforo en su composición química (mín. 0.25%), por lo que posee buenas propiedades mecánicas, antifriccionales y anticorrosivas debido a la adición de fósforo que asegura piezas libres de óxidos y porosidades.

Aplicaciones: Empleado para cargas elevadas con velocidades medias, se pueden hacer piezas hidráulicas a presión, bujes, coronas, piñones, impulsores, rodets, resortes, pernos, engranes, partes de máquinas, industria automovilística, cojinetes que necesiten resistir cargas y velocidades medias. En estas aplicaciones se necesitan excelentes características de lubricación.

- **Bronce Dulce**

Generalidades: Aleación de cobre, de buena ductilidad y fácil de trabajar en maquinado por adición de plomo. Por su alto contenido de Zinc, se lo puede utilizar en forma general, a excepción de aquellas aplicaciones donde se requiere alta resistencia a la corrosión y esfuerzos propios de otras aleaciones especiales. Alta velocidad de repetición en los trabajos de mecanizado.

Aplicaciones: Bocines, bujes y aplicaciones donde no se requiere alta resistencia mecánica, corrosión severa o desgaste por fricción. Adecuada para trabajos en frío, fácil de trabajar en caliente. Valvulería, cerrajería, grifería, tuercas, tornillos, racores, arandelas, bisagras, ornamentos, etc.

- **Bronce al Aluminio**

Generalidades: De excelente resistencia mecánica, para cargas y presiones altas, con bajas velocidades y sistemas de lubricación forzados. De excelente resistencia a la corrosión.

Aplicaciones: Coronas y piñonería. Piezas de aplicación marina, piezas estructurales, bujes y descansos de equipo pesado. Aplicación en máquinas herramientas, prensas, cajas reductoras, etc. Puede soportar el trabajo con aceros de alta dureza, pero con lubricación forzada.

### 3.3.1.5 Acero para Trabajo en Frio

- **DF-2 – AISI 01**

Generalidades: Acero al manganeso-cromo-tungsteno, con buena maquinabilidad, estabilidad dimensional y buena combinación de dureza y tenacidad tras temple y revenido. No hace falta calor, se consiguen mejores acabados superficiales, mejor control dimensional, mejores características mecánicas.

Aplicaciones: Apropiado para punzones y troqueles, herramientas de desbarbado, cizallado, corte, rodillos de conformado, calibres, bujes y piezas de construcción.

- **Acero Plata**

Generalidades: La designación de “Acero Plata” se debe a la superficie brillante y plateada que estos aceros rectificadas adquieren después de un acabado de pulido. Combinan una alta dureza con gran capacidad de corte. Constituyen una clase especial de aceros para trabajos en frío.

Aplicaciones: Para la fabricación de herramientas y piezas de precisión, como punzones, guías y vástagos, muestras de tipo botón y trozos irregulares, machos de roscar, fresas, herramientas de brocar, sacadores de perforación, los pernos expulsores, brocas y llaves, instrumentos quirúrgicos, escariadores, avellanadores, clavijas, las herramientas de grabado, sierras para cortar metal, taladros dentadas, raspando herramientas, cortadoras de artes de pesca, mortaja, cinceles de madera, barras de guía, entre otras.

### 3.3.2 REQUERIMIENTOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PIEZAS

A continuación se presentan los requerimientos y propiedades mecánicas necesarias a emplearse en cada elemento que conformará la máquina de inspección visual, así como la selección correcta del material a utilizarse en cada sistema. Para lo cual se presenta el siguiente formulario que resume todos los requisitos a ser cumplidos.

Material	Eliminac. pasa-no-pasa**			Índice de calificación relativo († Ind. calif. × * Coef. ponderal)								Indice calif. material
	Corrosión	Soldab. (autóg.)	Soldab. (cobre)	Resistencia(5)*	Tenacidad (5)	Rigidez (5)	Estabilidad (5)	Fatiga(4)	Resistencia (4) recién soldado	Tensiones térmicas (3)	Coste (1)	
												$\frac{\Sigma \text{ Ind. cal. rel.}}{\Sigma \text{ Coef. calif.}}$

\* Coeficiente ponderal (Límites = de 1, menos importante, a 5, más importante)  
† Límites = de 1, el más bajo, a 5, el mejor  
\*\* Código = S = Suficiente  
I = Insuficiente

**Figura 28. Formulario de Evaluación para Comprar Materiales**

**Fuente:** (DeGarmo, Black, & Kohser, 2002)

Por motivos de espacio para la realización de la tabla que se mostrará la clasificación de los materiales, se va a tomar la siguiente nomenclatura:

- Corrosión = CO
- Soldabilidad = SOL
- Resistencia = RE
- Tenacidad = TE
- Fatiga = FA
- Costo = COS
- Rigidez = RI

El análisis se realiza para las siguientes partes:

### 3.3.2.1 Bases, Soporte, Cubiertas, Armazón delantero y Posterior de la Máquina

Todas estas piezas por ser el apoyo principal para todas las partes funcionales que constituyen la máquina de inspección visual tienen que ser construidas de un material estructural, es decir que presente mayor resistencia a las cargas, ser de fácil soldabilidad y tener un costo aceptable. De la tabla 12 que contiene la clasificación de los aceros de construcción mecánica se va a analizar solo los aceros bonificados, aceros al carbono y aceros para trabajo en frío, debido a las características que reúnen para entrar a evaluación:

**TABLA 13**  
**PROPIEDADES MECÁNICAS DE METALES Y ALEACIONES A**  
**TEMPERATURA DE 650°C**

MATERIALES (ESPECIFICACIONES)	TENSIÓN DE FRACTURA (N/mm <sup>2</sup> )	TENSIÓN DE FLUENCIA (N/mm <sup>2</sup> )	MÓDULO ELÁSTICO (kN/mm <sup>2</sup> )	DUREZA BRINELL	DENSIDAD ESPECÍFICA (g/cm <sup>3</sup> )
<b>Acero bonificado</b> Bölher V320, AISI 4140	942	559	190 - 210	277	7.85
<b>Acero bonificado</b> Bölher V155, AISI 4340	1403	1020	190 - 210	415	7.8
<b>Acero Böhler V945 =</b> AIS I 1045	650 – 750	340	190 - 210	180	7.8
<b>Acero A36</b>	400 – 550	250	190 - 210	120 – 135	7.8
<b>Acero para trabajo</b> en frío, DF-2 AIS I 01	1250	950 - 1100	190 - 210	190	7.8
<b>Acero Plata</b>	730 – 770	580 – 610	190 - 210	180 – 285	7.8

Fuente: (MATWEB, 2011)

**TABLA 14**  
**SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA BASES, SOPORTE, CUBIERTAS,**  
**ARMAZÓN DELANTERO Y POSTERIOR DE LA MÁQUINA**

MATERIAL	ELIMINACION PASA NO PASA		INDICE DE CALIFICACION RELATIVO				COEFICIENTE
	CO	SOL	RE	TE	FA	COS	
<b>Acero bonificado Bölher</b> V320, AISI 4140	I	S	4	4	5	2	<b>3,6875</b>
<b>Acero bonificado Bölher</b> V155, AISI 4340	I	S	5	5	5	2	<b>4,0625</b>
<b>Acero Böhler V945 = AISI</b> 1045	I	S	3	3	3	2	<b>2,9375</b>
<b>Acero A36</b>	I	S	2	2	2	5	<b>4,25</b>
<b>Acero para trabajo en</b> frío, DF-2	I	S	5	3	3	1	<b>2,6875</b>
<b>Acero Plata</b>	I	S	3	4	3	1	<b>2,5</b>

Fuente: (MATWEB, 2011)

En la tabla 14, se muestra el análisis de calificación de cada material y según el coeficiente de ponderación más alto para la selección de los materiales que conforman las bases, soporte, cubiertas, armazón delantero y posterior de la máquina, se pudo determinar que el ACERO A36, es el más apropiado por su resistencia a las cargas, su facilidad de soldabilidad y tener un bajo costo, cumpliendo con los requerimientos de las propiedades mecánicas.

Sin embargo, es altamente corrosivo, por lo que se procederá a darle un recubrimiento superficial para evitar el deterioro del material, evitando de esta manera la utilización de un acero inoxidable reduciendo costos notablemente.

### **3.3.2.2 Placas para el Sistema de Alimentación**

El sistema de alimentación es una de las piezas que requiere un excelente acabado superficial, debido a que en este sistema se deslizarán para expulsar la munición de 9mm y posteriormente será colocado correctamente en la cadena de la banda transportadora. El material debe permitir un manejo de mayor exactitud en las dimensiones geométricas de la pieza, es decir que no exista una dilatación o elongación al momento de ser maquinado. Las propiedades mecánicas de los materiales que se va a analizar se exponen en la Tabla 15.

A través de la Tabla 15, antes mencionada, se obtiene el coeficiente de ponderación de la Tabla 16 para la selección de los materiales que conforman las placas del sistema de alimentación de la máquina, se pudo determinar que el Acero DF-2 AISI 01 es el más apropiado para la realización de las partes mencionadas anteriormente. Éste cumple con los requerimientos de las propiedades mecánicas y debido a que las partes no se encuentran en un lugar altamente corrosivo, no necesita algún recubrimiento superficial para su correcto funcionamiento.

En la Tabla 16, se corrobora la calificación del análisis de los materiales y la ponderación máxima que se obtuvo.

**TABLA 15**  
**PROPIEDADES MECÁNICAS DE METALES Y ALEACIONES A**  
**TEMPERATURA DE 650°C**

<b>MATERIALES (ESPECIFICACIONES)</b>	<b>TENSIÓN DE FRACTURA (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>TENSIÓN DE FLUENCIA (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>MÓDULO ELÁSTICO (kN/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>DUREZA BRINELL</b>	<b>DENSIDAD ESPECÍFICA (g/cm<sup>3</sup>)</b>
<b>Acero al Carbono</b>	430	220	210	100 - 200	7.9
<b>Acero baja Aleación</b>	420 – 660	230 – 460	210	130 - 200	7.9
<b>Acero inoxidable 304</b>	> 540	200	210	160	8.0
<b>Acero bonificado Böhler V320, AISI 4140</b>	942	559	190 - 210	277	7.85
<b>Acero bonificado Böhler V155, AISI 4340</b>	1403	1020	190 - 210	415	7.8
<b>Acero para cementación Böhler E 410 = AISI 5115</b>	1158	1034	190 - 210	335	7.97
<b>Barra Perforada Acero Böhler E920</b>	650 – 800	480	190 - 210	200 - 240	7.8
<b>Transmisión = AISI 1018</b>	470	370	190 - 210	126	7.87
<b>Acero de maquinaria para cementación 7210 = AISI 3115</b>	530	471	190 - 210	217	7.85
<b>Acero Böhler V945 = AISI 1045</b>	650 – 750	340	190 - 210	180	7.8
<b>Acero A36</b>	400 – 550	250	190 - 210	120 - 135	7.8
<b>Bronce al estaño SAE 65 – Bronce Fosfórico</b>	250	135	190 - 210	100	8.7
<b>Bronce Dulce</b>	180 – 200	90 – 100	190 – 210	90	8.7
<b>Bronce al Aluminio</b>	280	100	190 - 210	120 - 150	8.83
<b>Acero para trabajo en frío, DF-2 AISI 01</b>	1250	950 – 1100	190 - 210	190	7.8
<b>Acero Plata</b>	730 – 770	580 – 610	190 - 210	180 - 285	7.8
<b>Latón</b>	400 – 600	130	115	100 - 200	8.6
<b>Aluminio</b>	105	75	70	30	2.7

Fuente: (MATWEB, 2011)

**TABLA 16**  
**SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA PLACAS PARA EL SISTEMA DE**  
**ALIMENTACIÓN**

MATERIAL	ELIMINACION PASA NO PASA		INDICE DE CALIFICACION RELATIVO				COEFICIENTE
	CO	SOL	RE	TE	FA	COS	
Acero al Carbono	I	S	1	2	1.5	3	1.9
Acero baja Aleación	I	S	1.5	2	2	1	1.6
Acero inoxidable 304	S	I	1	2	2	1	1.5
Acero bonificado Böhler V320, AISI 4140	S	S	3	3.5	3.5	2	3.0
Acero bonificado Böhler V155, AISI 4340	S	S	4.5	5	5	1	3.9
Acero para cementación Böhler E 410 = AISI 5115	I	S	5	4	4	2	3.8
Acero Böhler E920 AISI 1018	I	S	5	3	2.5	3	3.4
Acero de maquinaria AISI 3115	I	S	2.3	1.5	1.5	3	2.1
Acero Böhler V945 = AISI 1045	I	S	2.5	2.5	2	2.4	2.4
Acero A36	I	S	1.5	2	2.5	2.8	2.8
Bronce al estaño	S	I	1	1.5	1.5	1.3	1.3
SAE 65 – Bronce Fosfórico	S	I	0.5	1	1	0.9	0.9
Bronce Dulce	S	I	0.5	1	0.5	0.8	0.8
Bronce al Aluminio	S	I	0.5	1	1	0.9	0.9
Acero para trabajo en frio, DF-2	S	S	5	3.5	4.5	4.0	4.0
Acero Plata	S	S	3	3	2.5	2.5	2.5
Latón	S	S	0.6	1.5	5	1.5	1.5
Aluminio	S	I	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9

Fuente: (MATWEB, 2011)

### 3.3.2.3 Ejes de Transmisión

Los ejes de transmisión son elementos no giratorios que no transmite par de torsión que se utiliza para soportar ruedas rotatorias, poleas y elementos parecidos, por tan motivo es de suma importancia que el material tenga una alta rigidez, la cual es representada por el módulo de elasticidad y de la misma manera debe poseer una alta resistencia a las cargas. El costo del material debe ser considerable. A continuación se muestra la Tabla 17 que indica la calificación para seleccionar el material para los

ejes de transmisión evaluado con la Tabla 15 que indica las propiedades mecánicas de metales y aleaciones a temperatura de 650°C. De la Tabla 17, se obtiene el coeficiente de ponderación para la fabricación de los ejes de transmisión, cuyo puntaje más alto es para el acero DF-2 AISI 01 por su alta resistencia, rigidez y fatiga, otorgando una estabilidad dimensional. Y como originariamente los ejes son de diámetros menor a 3 pulgadas, este tipo de acero es el ideal.

**TABLA 17**  
**SELECCIÓN DEL MATERIAL PARA LOS EJES DE TRANSMISIÓN**

MATERIAL	ELIMINACION PASA NO PASA		INDICE DE CALIFICACION RELATIVO				COEFICIENTE
	CO	SOL	RE	RI	FA	COS	
Acero al Carbono	I	S	1	3	1.5	3	2.1
Acero baja Aleación	I	S	1.5	2	2	1	1.6
Acero inoxidable 304	S	I	1	1.5	2	1	1.4
Acero bonificado Bölher V320, AISI 4140	S	S	3	4	3.5	2	3.1
Acero bonificado Bölher V155, AISI 4340	S	S	4.5	4	5	1	3.6
Acero para cementación Bölher E 410 = AISI 5115	I	S	5	2	4	2	3.3
Acero Böhler E920 AISI 1018	I	S	5	2.5	2.5	3	3.3
Acero de maquinaria AISI 3115	I	S	2.3	1.5	1.5	3	2.1
Acero Böhler V945 = AISI 1045	I	S	2.5	4.5	2	2.5	2.9
Acero A36	I	S	1.5	2.5	2.5	5	2.9
Bronce al estaño	S	I	1	1	1.5	1	1.1
SAE 65 – Bronce Fosfórico	S	I	0.5	1	1	1	0.9
Bronce Dulce	S	I	0.5	1	0.5	1	0.8
Bronce al Aluminio	S	I	0.5	1	1	1	0.9
Acero para trabajo en frio, DF-2	S	S	5	4.5	4.5	3	4.3
Acero Plata	S	S	3	2	2.5	1.5	2.3
Latón	S	S	0.6	1	2	2	1.4
Aluminio	S	I	0.5	0.5	0.5	2	0.9

Fuente: (MATWEB, 2011)

### 3.4 REDISEÑO, CÁLCULO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MECANISMOS PARA LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN ARTIFICIAL

Como rediseño de la banda transportadora, existen parámetros y variables que han sido tomados en consideración de acuerdo a la máquina existente. Por eso, los cálculos que se presentarán serán de acuerdo a datos medidos del sistema de distribución de la bala y banda transportadora existente tales como: longitud, ancho y altura de los mismos. Las consideraciones prioritarias para el rediseño y diseño de la estructura están definidas por variables tales como:

- Determinación de factor de seguridad y fuerzas aplicadas en las bases, que son los soportes de toda la máquina.
- Componentes y Geometría del Sistema de Distribución.
- Componentes y Geometría que Integran la Banda Transportadora.
- Soldaduras de las Estructuras.
- Armazones de apoyo para colocación de cámaras.

#### 3.4.1 DETERMINACIÓN DE FACTOR DE SEGURIDAD Y FUERZAS APLICADAS EN LAS BASES.

##### 3.4.1.1 Factor De Seguridad y Fuerzas en la Base 01

El factor de seguridad como el factor de diseño permiten realizar que una máquina o estructura tenga un mayor índice de probabilidad de que no fallen; sin embargo sus conceptos la definen. A la primera se le denota como el factor donde intervienen términos como esfuerzos y resistencia relevante propia del material, mientras que al factor de diseño es el propuesto por la empresa o persona de interés del proyecto a realizar. A fin de obtener un criterio de cálculo se utilizará:

$$N_y = 2 \quad (\text{Resp. 3.1})$$

$$N_{ut} = 4 \quad (\text{Resp. 3.2})$$

Donde:

$N_y$  = Coeficiente de seguridad basado en la resistencia de fluencia.

$N_{ut}$  = Coeficiente de seguridad basado en la resistencia máxima.

Estos coeficientes se obtienen de la siguiente tabla que se presenta:

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	<i>Basado en la resistencia de fluencia</i>	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12	15
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20	20

**Figura 29. Coeficiente de Seguridad de Diferentes Materiales**

Fuente: (Faires, 2008)

Por la reingeniería de la máquina se puede basar en datos como peso completo del sistema, por el bosquejo real de la máquina dibujado en Solidwork, incluyendo la cadena de transmisión en donde se colocará la munición. Por tanto, se obtendrá el factor de diseño debido al esfuerzo y resistencia generados por la carga que será soportada en las bases del sistema. Datos:

- Parámetro permisible de carga máxima encima del soporte =  $\pm 20\%$
- Incertidumbre de la carga que provocará la falla =  $\pm 20\%$



**Figura 30. Bases Soporte de la Máquina**

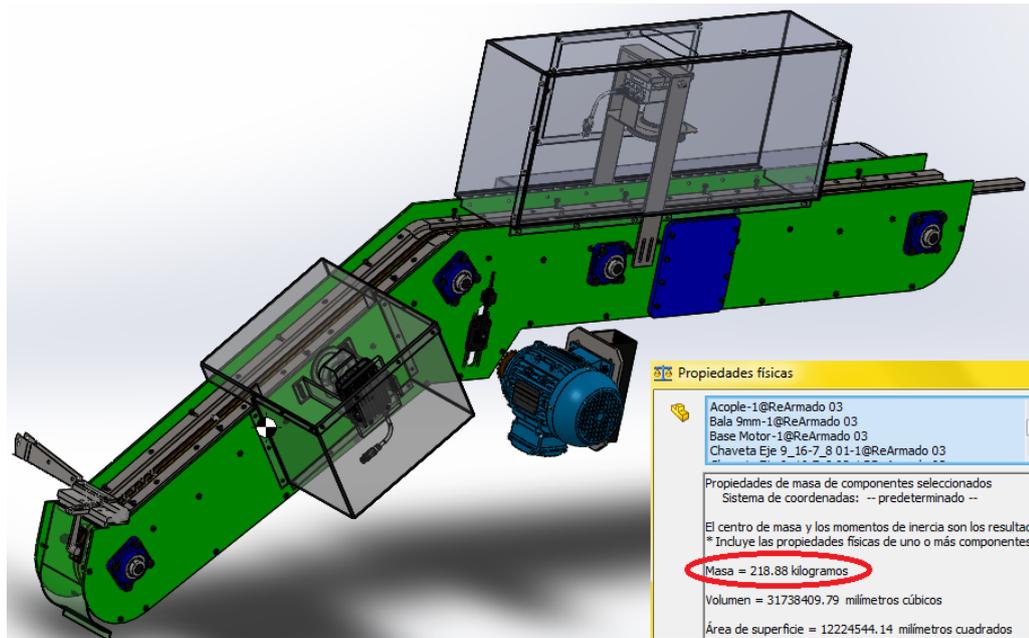
[Foto Autorizada por la Empresa "Santa Bárbara" E.P]

En la figura 30 se muestra los nombres que se utilizará para describir a las Bases. Siendo la Base 01 la principal y la Base 02 un apoyo y estabilidad para toda la carga.

- **Análisis de Diseño:**

La carga total que va a ser llevada por los dos soportes es:

$$m = 218.88 \text{ [kg]} \quad (\text{Resp. 3.3})$$

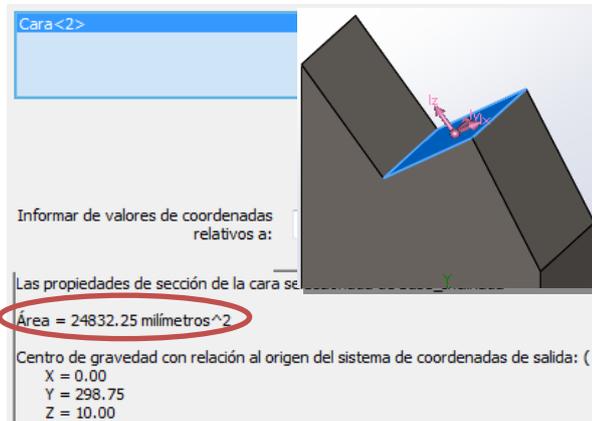


**Figura 31. Carga Total de la máquina de Inspección Visual**

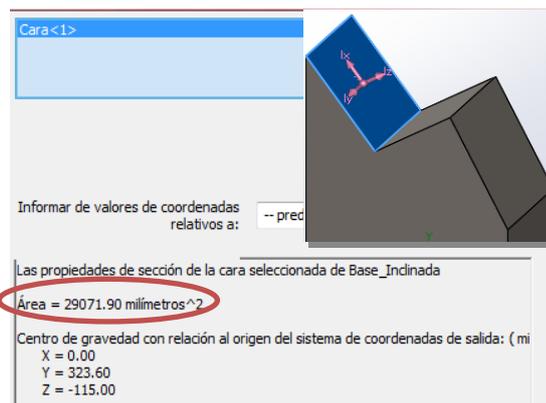
Las áreas de las caras de la Base 01 donde se realizará el análisis son:

$$A_x = 24832.25 \text{ [mm}^2\text{]} = 24.83 \times 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{Resp. 3.4})$$

$$A_y = 29071.90 \text{ [mm}^2\text{]} = 29.07 \times 10^{-3} \text{ [m}^2\text{]} \quad (\text{Resp. 3.5})$$

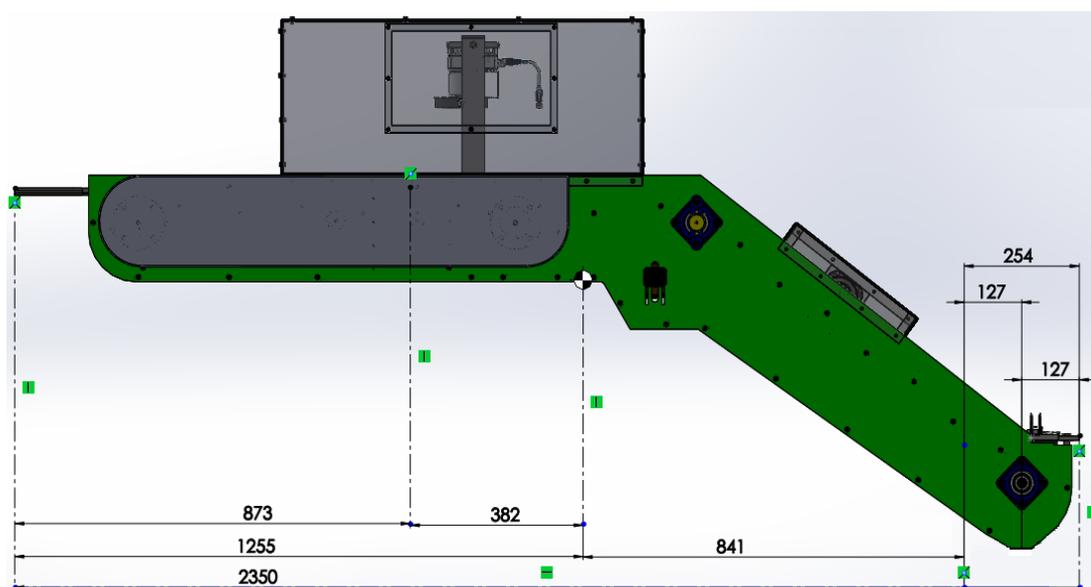


**Figura 32. Área en Eje X de la Base 01**



**Figura 33. Área en Eje Y de la Base 01**

En la figura 34 se muestra el centro de masa de la máquina (  ) así como su dimensionamiento. La longitud total de la banda transportadora es de 2350 mm, por lo que la distancia entre el centro de masa de la misma hasta el centro de masa de la base 01 es 382mm, mientras que la distancia del centro de masa del sistema al centro de masa de la base 02 es 968mm.



**Figura 34. Centro de Masa de la Máquina de Inspección Visual**

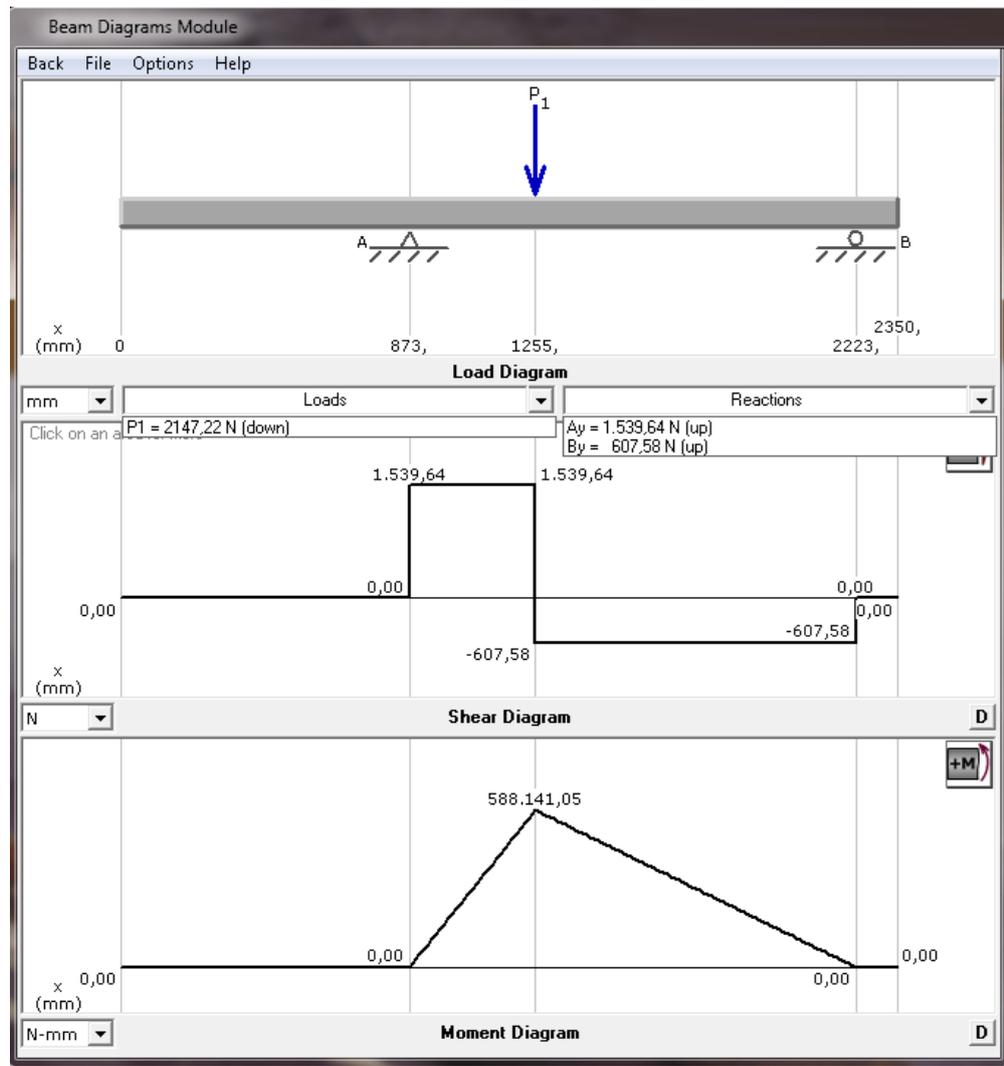
Partiendo de estas dimensiones y utilizando el software MD Solids se determina la distribución de la fuerza resultante en cada una de las bases. Para ello se analiza todo el cuerpo como una estructura sólida. Cabe mencionar que el peso de la máquina se concentra en su totalidad sobre el centro de masa del sistema. A continuación se calcula el peso de la máquina:

$$W = m * g \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$W = 218.88 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$W = 2147,22 \text{ N} \quad (\text{Resp. 3.6})$$

Las reacciones se muestran en la figura 35:



**Figura 35. Diagrama de Fuerza Cortante - Momento Flector**

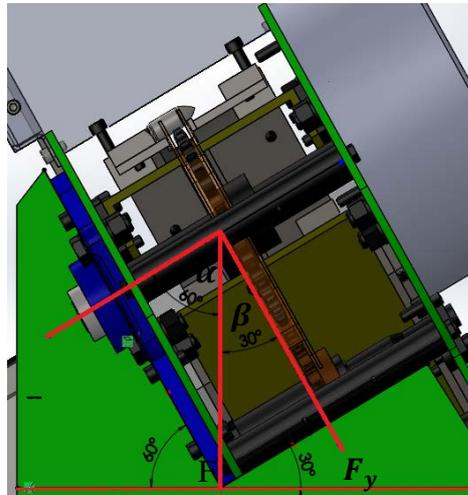
La carga resultante aplicada en la Base 01 es:

$$F_y (\text{base01}) = 1,54 \text{ [kN]} \quad (\text{Resp. 3.7})$$

La carga resultante aplicada en la Base 02 es:

$$F_y (\text{base02}) = 607,58 \text{ [N]} \quad (\text{Resp. 3.8})$$

Con la carga resultante se descomponen las fuerzas en cada uno de los planos de coordenadas. En la figura 36 se muestra el diagrama respectivo:



**Figura 36. Descomposición de Fuerzas en X Y de la máquina**

$$\cos \alpha = \frac{F_x}{F} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$F_x = F * \cos \alpha = 1,54 [kN] * \cos(60^\circ)$$

$$F_x = 0,77 [kN] \quad (\text{Resp. 3.9})$$

$$\cos \beta = \frac{F_y}{F} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$F_y = F * \cos \beta = 1,54 [kN] * \cos(30^\circ)$$

$$F_y = 1.33 [kN] \quad (\text{Resp. 3.10})$$

Los esfuerzos aplicados tanto en el eje X como en el eje Y de la base 01 son:

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A_x} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\sigma_x = \frac{0,77[kN]}{0.025 [m^2]}$$

$$\sigma_x = 30.8 \text{ kPa} \quad (\text{Resp. 3.11})$$

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_y} \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$\sigma_y = \frac{607,58[N]}{0.03 [m^2]}$$

$$\sigma_y = 20.25 \text{ kPa} \quad (\text{Resp. 3.12})$$

Según especificaciones de la máquina el material de construcción fue el acero A36, cuyas especificaciones son:

**TABLA 18**  
**PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ACERO**

<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>58000 – 80000 PSI [400 – 550 MPa]</b>
<b>Mínimo Punto de Fluencia</b>	<b>36000 PSI [250 MPa]</b>

**Fuente: (PHIONE, 2011)**

Antes de obtener el factor de seguridad, por las incertidumbres se aumentará un 10% a la carga de pérdida de función, por lo tanto:  $1/(1+0.10)$ ; mientras un 20% se aumentará a la carga permisible, obteniendo:  $1/(1-0.2)$ . Así que para compensar las incertidumbres absolutas el factor de diseño debe de ser:

$$\text{Factor de diseño} = n_d = \frac{\text{parámetro de pérdida de función}}{\text{parámetro máximo permisible}} \quad (\text{Ecuación 6})$$

El factor de diseño basado en la resistencia de fluencia sobre el eje X es:

$$\sigma_{(base\ 01\ en\ eje\ X)} = \frac{S_y}{n_{dy}} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$n_{dy(base\ 01\ en\ eje\ X)} = \frac{S_y * (1/1.10)}{\sigma_{(base\ 01\ en\ eje\ X)} * (1/0.8)} = \frac{250 * (1/1.10)}{30.8 * (1/0.8)} = \frac{227.3}{38.5}$$

$$n_{dy(base\ 01\ en\ eje\ X)} = 5.90 \quad (\text{Resp. 3.13})$$

- El factor de diseño basado en la resistencia de fluencia sobre el eje Y es:

$$n_{dy(base\ 01\ en\ eje\ Y)} = \frac{S_y * (1/1.10)}{\sigma_{(base\ 01\ en\ eje\ Y)} * (1/0.8)} = \frac{250 * (1/1.10)}{20.25 * (1/0.8)} = \frac{227.3}{25.31}$$

$$n_{dy(base\ 01\ en\ eje\ Y)} = 8.98 \quad (\text{Resp. 3.14})$$

- El factor de diseño basado en la resistencia máxima sobre el eje X es:

$$\sigma_T (base\ 01\ en\ eje\ X) = \frac{S_{ut}}{n_{dut}} \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$n_{dut(base\ 01\ en\ eje\ X)} = \frac{S_{ut} * (1/1.10)}{\sigma_{(base\ 01\ en\ eje\ X)} * (1/0.8)} = \frac{400 * (1/1.10)}{30.8 * (1/0.8)} = \frac{363.6}{38.5}$$

$$n_{dut(base\ 01\ en\ eje\ X)} = 9.45 \quad (\text{Resp. 3.15})$$

El factor de diseño basado en la resistencia máxima sobre el eje Y es:

$$n_{dut(base\ 01\ en\ eje\ Y)} = \frac{S_{ut} * (1/1.10)}{\sigma_{(base\ 01\ en\ eje\ Y)} * (1/0.8)} = \frac{400 * (1/1.10)}{20.25 * (1/0.8)} = \frac{363.6}{25.31}$$

$$n_{dut(base\ 01\ en\ eje\ Y)} = 14.36 \quad (\text{Resp. 3.16})$$

A continuación se presenta una comparación de los factores de diseño encontrados de la Base 01 con relación a las que se presenta en tablas:

**TABLA 19**  
**COMPARACIÓN DE FACTORES DE DISEÑO CALCULADOS**

<b>Criterio de Factor de Diseño por Tablas</b>	<b>Criterio de Factor de Diseño Calculado</b>	<b>Observación</b>
<b>Resistencia de Fluencia</b> N(y) = 2	N(dy en eje X) = 5.90 N(dy en eje Y) = 8.98	Incremento > 100% del valor esperado
<b>Resistencia Máxima</b> N(ut) = 4	N(dut en eje X) = 9.45 N(dut en eje Y) = 14.36	

Por lo tanto, la base 01 va a resistir las cargas antes mencionadas debido a que el factor de diseño sobrepasa el valor propuesto por tablas.

- **Simulación de Deformación en la Base 01**

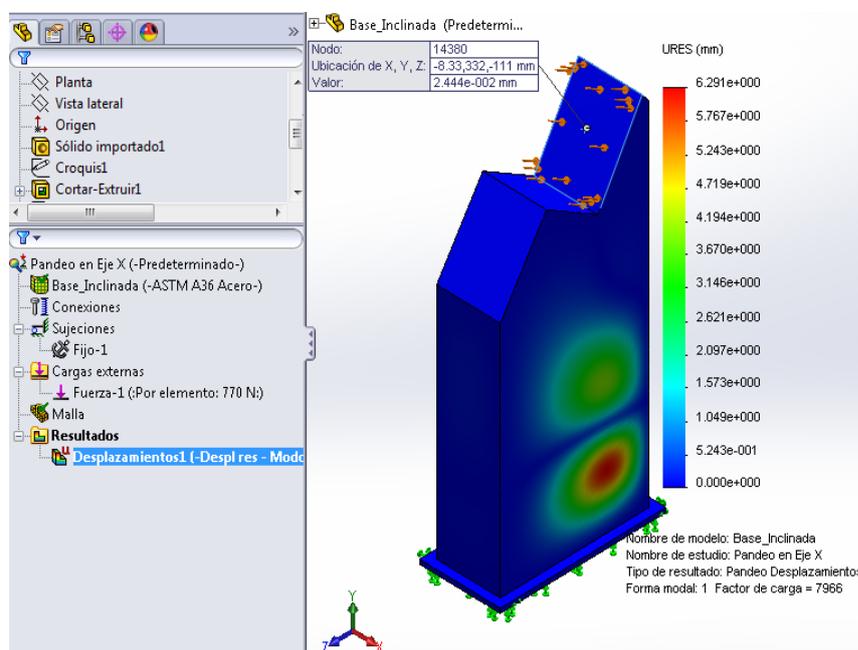
Todo el diseño de la banda transportadora se realizó en un software de diseño CAD-3D llamado Solidwork. De la misma manera se realizó en Solidwork Simulation la simulación de deformación de la Base 01. Las especificaciones para el análisis son:

- Tipo de material: Acero A36
- Espesor de las placas es 5 mm, excepto el espesor de la base que se apoya en el suelo que es de 10mm
- Tipo de Sujeción: Fija – Parte Inferior de la base soporte

- Cargas Externas en  $F_x = 0,77 \text{ kN}$
- Cargas Externas en  $F_y = 1,33 \text{ kN}$

Al ser el acero A36 un material dúctil, el concepto de análisis de deformación conlleva el aprendizaje de la *teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles*, prediciendo que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen. A esta teoría se le conoce también como la *Teoría de von Mises*.

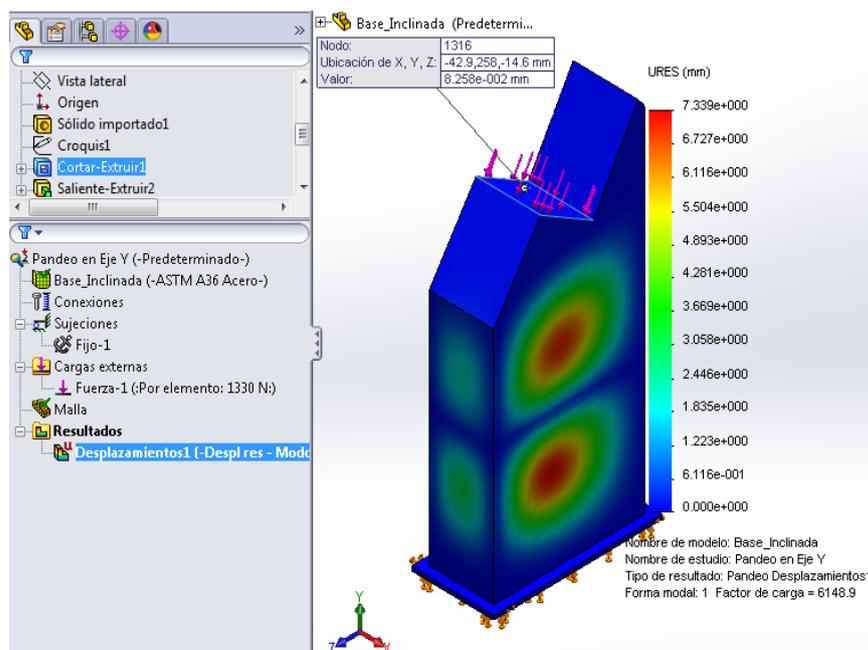
En el software, el método utilizado de diseño es el *análisis de elemento finito* con un estudio estático, sin embargo existen dos formas básicas de especificar cargas en una estructura: nodal y por carga de elementos; no obstante, la carga de elementos finalmente se aplica a los nodos empleando cargas nodales equivalentes por lo que se aplicó este método en nuestro análisis. El estudio se realizará tanto para el eje X como para el eje Y de ambos soportes.



**Figura 37. Estudio de deformación en Base 01, aplicando fuerza Normal en X**

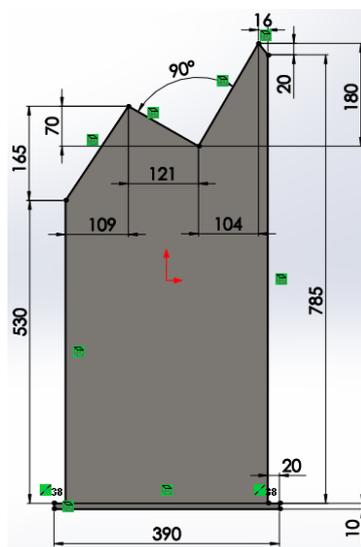
En la figura 37 se puede observar que al aplicar la Fuerza de 770 N sobre la placa, la deformación que se provoca es de  $2.44 \times 10^{-2} \text{ mm}$ , es decir la deformación es nula, lo que significa, que no va a existir ningún problema al soportar todo el peso que va

a ejercer en esa cara de la base del eje X. De la misma manera, en la figura 38 se presenta el resultado de la deformación que se obtiene al aplicar la fuerza de 1330 N obteniendo  $8.25 \times 10^{-2}$  mm, prácticamente una deformación nula. El análisis de la deformación en el lado lateral de la Base 01 que se aprecia en las figura 37 y 38 se ampliará en el ítem 3.4.1.3.



**Figura 38. Estudio de deformación en Base 01, aplicando fuerza Normal en Y**

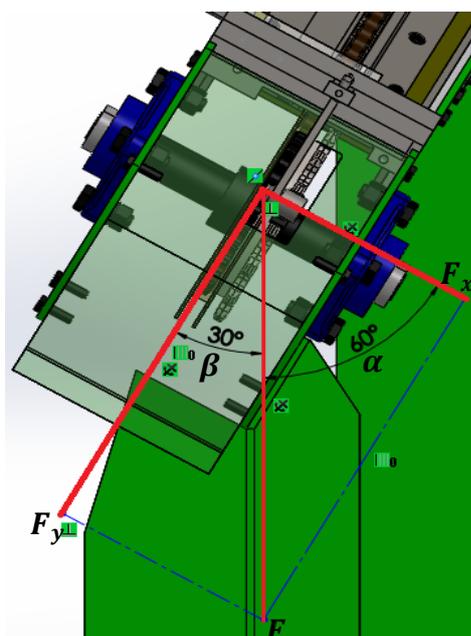
En la Figura 39 se indica brevemente las dimensiones de la Base 01, con una perspectiva frontal del sistema.



**Figura 39. Vista Frontal de la Base 01**

### 3.4.1.2 Factor De Seguridad y Fuerzas en la Base 02

La Base 02 permite la estabilidad del sistema de la Banda Transporta por ser un apoyo para equilibrar la posición que ocasiona el ángulo de inclinación de la Banda Transportadora a la cual está sujeta. En la figura 40 se muestra la descomposición para el análisis de fuerzas con el respectivo ángulo de diseño.



**Figura 40. Descomposición de Fuerzas en X y Y de la Base 02**

De acuerdo a la figura 35 donde se muestra el diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector se obtuvo la carga resultante en la Base 02 que es  $F_{y(base02)} = 607,58 [N]$  expuesta en la respuesta 3.8. Con esta fuerza se descompone:

En el eje X:

$$F_x = F * \cos \alpha = 607.58 [N] * \cos(60^\circ)$$

$$F_x = 303.79 [N] \quad (\text{Resp. 3.17})$$

En el eje Y:

$$F_y = F * \cos \beta = 607.58 [N] * \cos(30^\circ)$$

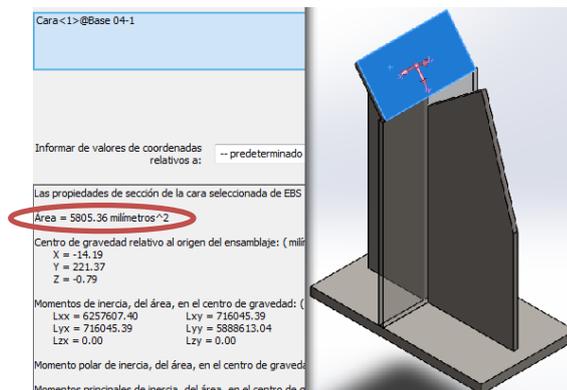
$$F_y = 529.18 [N] \quad (\text{Resp. 3.18})$$

- Las áreas de la base 02 de la máquina son:

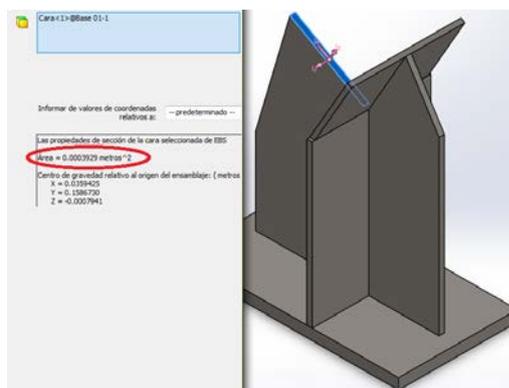
$$A_x = 5805.36 [mm^2] = 5.8 \times 10^{-3} [m^2] \quad (\text{Resp. 3.19})$$

$$A_y = 392.9 [mm^2] = 0.39 \times 10^{-3} [m^2] \quad (\text{Resp. 3.20})$$

En las figuras 41 y 42 se muestra las áreas de la Base 02 que se obtuvo en Solidwork.



**Figura 41. Área en el Eje X de la Base 02**



**Figura 42. Área en el Eje Y de la Base 02**

Al ser muy pequeño el área en el Eje Y, se despreciará para los posteriores análisis. Consecuentemente el esfuerzo aplicado en el eje X de la base 02 es:

$$\sigma_x = \frac{F_x}{A_x} = \frac{303.79 \text{ [kN]}}{0,0058 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$\sigma_x = 52.38 \text{ KPa} \quad (\text{Resp. 3.21})$$

Con la tabla 18 se obtiene las propiedades mecánicas del acero A36, para emplearlas en la obtención del factor de seguridad. En este caso, no se aplican las incertidumbres que se aplicó en la base 01 ya que la funcionalidad de la base 02 solo es brindar equilibrio y soporte del sistema. El factor de diseño basado en la resistencia de fluencia sobre el eje X es:

$$n_{dy(\text{base } 02 \text{ en eje } X)} = \frac{S_y}{\sigma_{(\text{base } 02 \text{ en eje } X)}} = \frac{250}{52.38}$$

$$n_{dy(\text{base } 02 \text{ en eje } X)} = 4.77 \quad (\text{Resp. 3.22})$$

El factor de diseño basado en la resistencia máxima sobre el eje X es:

$$n_{dut(\text{base } 02 \text{ en eje } X)} = \frac{S_{ut}}{\sigma_{(\text{base } 02 \text{ en eje } X)}} = \frac{400}{52.38}$$

$$n_{dut(\text{base } 02 \text{ en eje } X)} = 7.64 \quad (\text{Resp. 3.23})$$

A continuación se presenta una comparación de los factores de diseño encontrados de la Base 02 con relación a las que se presenta en tablas:

**TABLA 20**  
**COMPARACIÓN DE FACTORES DE DISEÑO CALCULADOS**

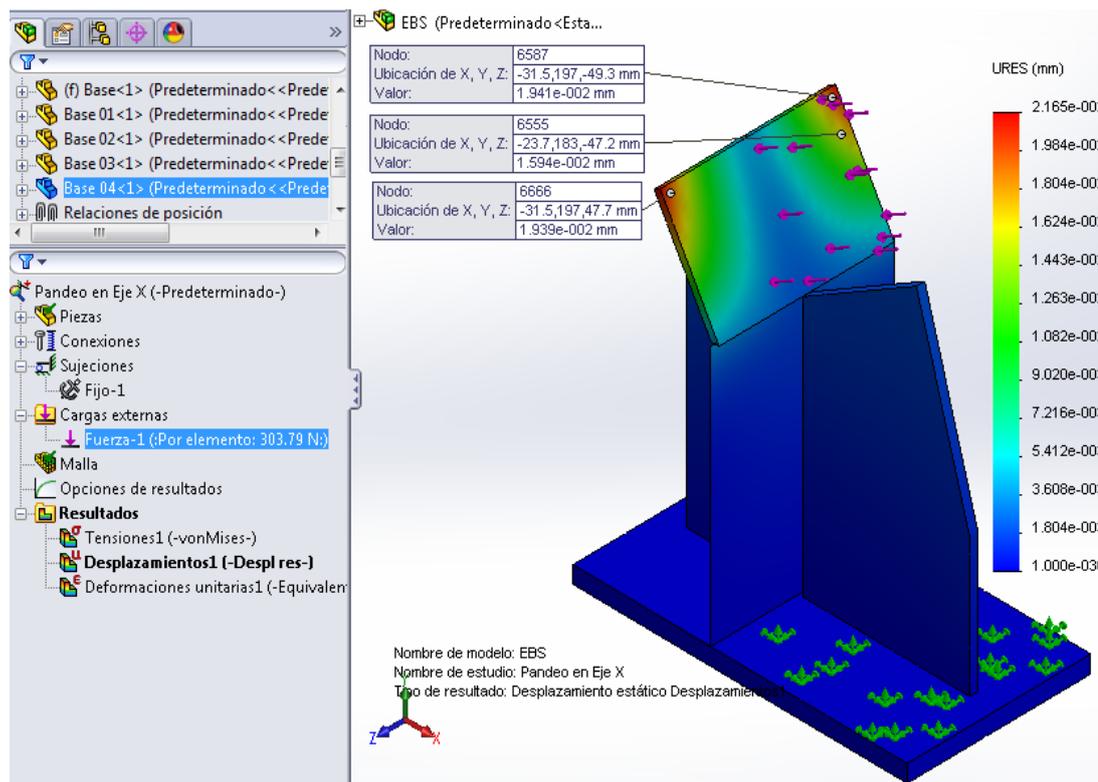
Criterio de Factor de Diseño por Tablas	Criterio de Factor de Diseño Calculado	Observación
<b>Resistencia de Fluencia</b> N(y) = 2	N(dy en eje X) = 4.77	Incremento > 95% del valor esperado
<b>Resistencia Máxima</b> N(ut) = 4	N(dut en eje X) = 7.64	

- **Simulación de Deformación en la Base 02**

En el software Solidwork Simulation se obtuvo la simulación de deformación de la Base 02. Las especificaciones para el análisis son:

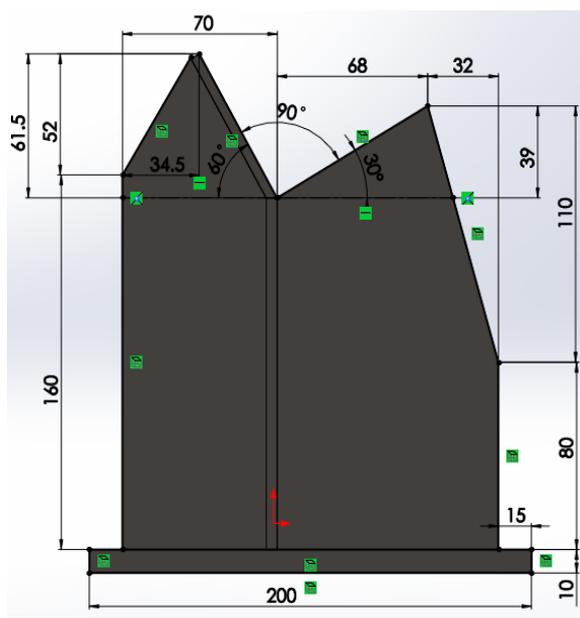
- Tipo de material: Acero A36
- Espesor de las placas es 5 mm, excepto el espesor de la base que se apoya en el suelo que es de 10mm
- Tipo de Sujeción: Fija – Parte Inferior de la base soporte
- Cargas Externas en  $F_x = 303.79 \text{ N}$

El estudio se realizará para el eje X.



**Figura 43. Estudio de deformación en Base 02, aplicando fuerza Normal en X**

En la figura 43 se puede observar que al aplicar la Fuerza de 303.79 N sobre la placa en el Eje X, la deformación máxima provocada es de  $2.16 \times 10^{-2}$  mm; es decir, la deformación es nula. A continuación se muestra brevemente las dimensiones de la base 02.



**Figura 44. Vista Frontal de la Base 02**

### 3.4.1.3 Inestabilidad Elástica y Pandeo de Euler

En forma normal las deflexiones dentro del límite elástico varían en forma lineal con la carga. Para realizar este análisis se supone que tanto la Base 01 como la Base 02 se comportan como columnas.

Si dicha columna se carga debajo de un cierto valor,  $P_{cr}$ , cualquier desplazamiento ligero lateral dado a la columna provocaría un momento excéntrico de flexión. Por lo tanto, las cargas en exceso de  $P_{cr}$ , hacen la columna elásticamente inestable. La ecuación clásica de Euler para  $P_{cr}$  es:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} \quad \text{(Ecuación 9)}$$

Donde:

$P_{cr}$  = carga crítica

$E$  = módulo de elasticidad

$I$  = momento de inercia de la sección con respecto al eje de flexión de pandeo, siendo el valor más pequeño de  $I$  con respecto a cualquier eje.

$L_e$  = longitud equivalente a la columna

Para la obtención de la carga unitaria crítica se tiene:

$$S_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_{cr}} \quad \text{(Ecuación 10)}$$

Donde:

$A_{cr}$  = área de la sección transversal

Una columna es esbelta si las dimensiones de su sección transversal son pequeñas en relación con su longitud. La relación de esbeltez es:

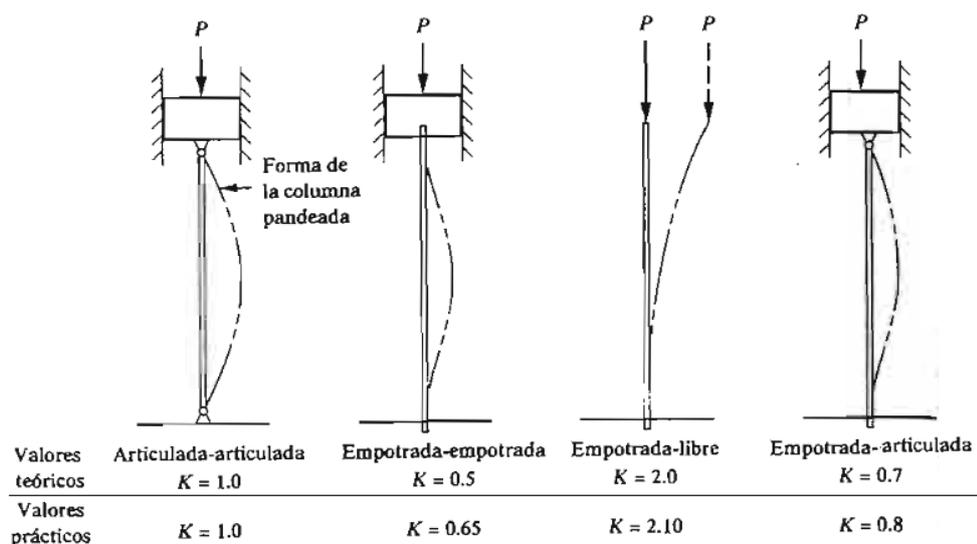
$$\lambda = \frac{k L_e}{r} \quad \text{(Ecuación 11)}$$

Donde:

$k$  = constante que depende del extremo a la forma en que soportan los extremos de una columna.

$r$  = radio de giro

La figura 45 muestra los valores de  $K$  para obtener la longitud efectiva para distintas conexiones en los extremos.



**Figura 45. Curva de Pandeo de Euler y Modos de Fallo**

**Fuente:** (Robert L. Mott, 2006)

Para el análisis del radio de giro se tiene:

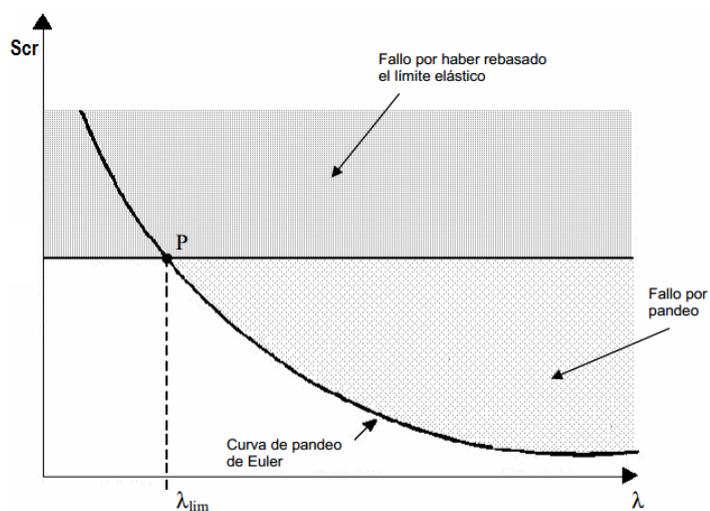
$$r = \sqrt{\frac{I}{A_{im}}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

$I$  = momento de inercia más pequeño de  $I$  con respecto a cualquier eje

$A_{im}$  = Área de la inercia menor

Con estos valores de la carga crítica y esbeltez se podrá determinar si la columna fallará por carga o geometría.

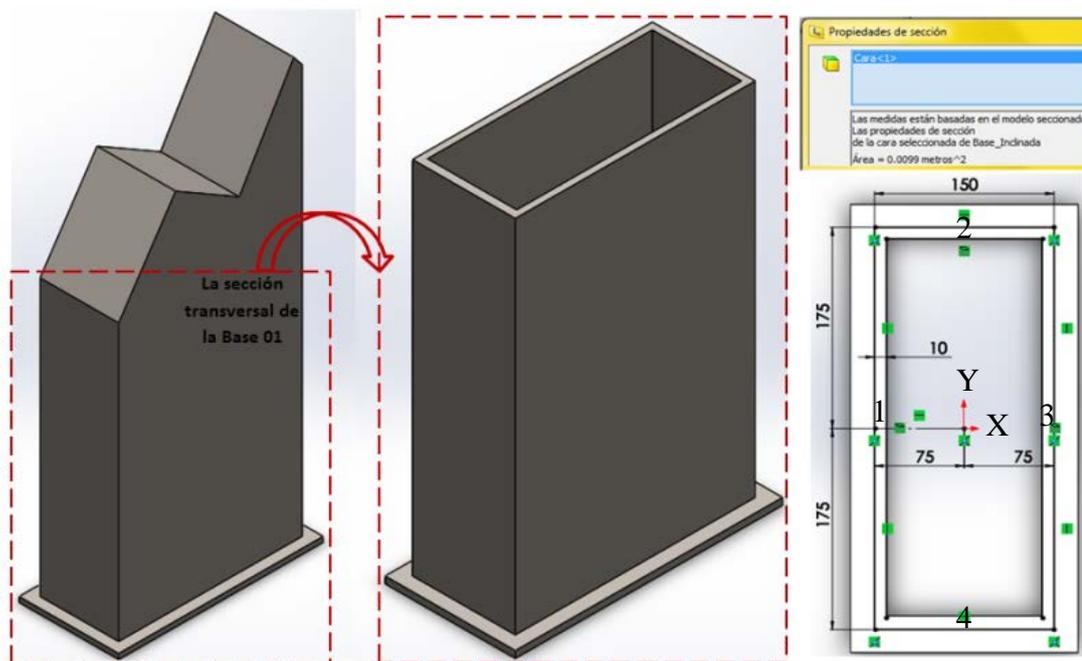


**Figura 46. Curva de Pandeo de Euler y Modos de Fallo**

**Fuente:** (Santillana, 2008)

- **Análisis en la Base 01**

Para encontrar la carga crítica en la Base 01 se toma la sección transversal de la columna de la pieza como se muestra en la figura 47.



**Figura 47. Sección Transversal de la Base 01**

Se obtiene el área de la Base:

$$A_{base01} = 9.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \quad (\text{Resp. 3.24})$$

De la Tabla 21 se toma un valor promedio del acero al carbono para el módulo de elasticidad:

$$E_{Acero \text{ al Carbono}} = 2 \text{ MPa} \quad (\text{Resp. 3.25})$$

**TABLA 21**

**MÓDULOS DE YOUNG DEL ACERO**

Metal	Módulo de Young, $Y \cdot 10^{10} \text{ N/m}^2$
Acero al carbono	19.5-20.5
Acero aleado	20.6
Acero, fundición	17.0

**Fuente: (Koshkin & Shirkévich, 1975)**

Cálculo de  $I_{Gx}$ :

$$I_{Gx} = \frac{bh^3}{12} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$I_{Gx01} = I_{Gx03} = \frac{10 * 350^3}{12} = 35.73 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 3.6 \times 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$I_{Gx02} = I_{Gx04} = \frac{130 * 10^3}{12} = 10.83 \times 10^3 \text{ mm}^4 = 1.1 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Ubicando el origen de coordenadas en la posición X e Y mostrada en la figura 47 se calcula el centroide en la coordenada X:

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i A_i}{\sum A_i} \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$\bar{x} = \frac{-(70 * (350 * 10)) + (70 * (350 * 10)) [mm^3]}{(350 * 10) + (130 * 10) + (350 * 10) + (130 * 10) [mm^2]}$$

$$\bar{x} = 0m$$

Para  $I_x$  se tiene:

$$I_X = I_{x01} + I_{x02} + I_{x03} + I_{x04} \quad (\text{Ecuación 15})$$

$$I_{xi} = I_{Gi} + A_i d_i^2 \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$I_{x01} = I_{x03} = 3.6 \times 10^{-5} + (3.5 * (0.07)^2)$$

$$I_{x01} = I_{x03} = 1.7 \times 10^{-2} [m^4]$$

$$I_{x012} = I_{x04} = 1.1 \times 10^{-8} [m^4]$$

$$I_X = 1.7 \times 10^{-2} + 1.7 \times 10^{-2} + 1.1 \times 10^{-8} + 1.1 \times 10^{-8} [m^4]$$

$$I_X = 3.4 \times 10^{-2} [m^4] \quad (\text{Resp. 3.26})$$

Cálculo de  $I_{Gy}$ :

$$I_{Gy} = \frac{b^3 h}{12} \quad (\text{Ecuación 17})$$

$$I_{Gy01} = I_{Gy03} = \frac{10^3 * 350}{12} = 2.92 \times 10^4 \text{ mm}^4 = 2.92 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

$$I_{Gy02} = I_{Gy04} = \frac{130^3 * 10}{12} = 1.83 \times 10^6 \text{ mm}^4 = 1.8 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Cálculo del Centroide:

$$\bar{y} = \frac{\sum Y_i A_i}{\sum A_i} \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$\bar{y} = \frac{(170 * (150 * 10)) - (170 * (150 * 10)) [mm^3]}{(350 * 10) + (130 * 10) + (350 * 10) + (130 * 10) [mm^2]}$$

$$\bar{y} = 0 \text{ mm} = 0 \text{ m}$$

Para  $I_y$  se tiene:

$$I_y = I_{y01} + I_{y02} + I_{y03} + I_{y04} \quad (\text{Ecuación 19})$$

$$I_{yi} = I_{Gi} + A_i d_i^2 \quad (\text{Ecuación 20})$$

$$I_{y01} = I_{y03} = 2.92 \times 10^{-8} + (3.5 * (0)^2)$$

$$I_{y01} = I_{y03} = 2.92 \times 10^{-8} [m^4]$$

$$I_{y02} = I_{y04} = 1.8 \times 10^{-6} + (1.3 * (0.17)^2)$$

$$I_{y02} = I_{y04} = 4 \times 10^{-2} [m^4]$$

$$I_y = 2.92 \times 10^{-8} + 4 \times 10^{-2} + 2.92 \times 10^{-8} + 4 \times 10^{-2} [m^4]$$

$$I_y = 8 \times 10^{-2} [m^4] \quad (\text{Resp. 3.27})$$

Por lo tanto, para el cálculo del pandeo y esbeltez se utilizará el menor valor del momento de inercia de acuerdo a las respuestas obtenidas en 3.26 y 3.27.

Se calcula el radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_{im}}} = \sqrt{\frac{3.4 \times 10^{-2} [m^4]}{9.9 \times 10^{-3} [m^2]}}$$

$$r = 1.88 \text{ m}$$

En la figura 45 se escoge el valor práctico de  $K$  de acuerdo al tipo de apoyo y la fuerza aplicada para la longitud efectiva, para un sistema Empotrada-Articulada:

$$K = 0.8$$

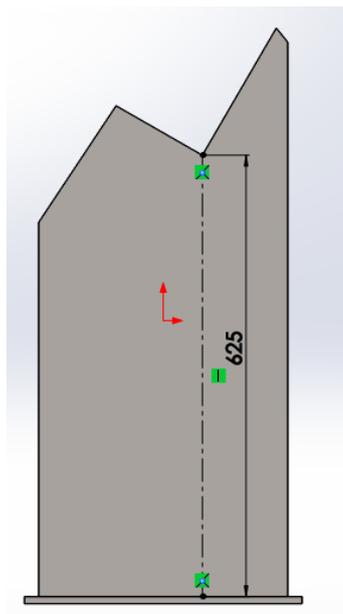
En la figura 48 se puede apreciar la longitud efectiva de la base, que es:

$$L_e = 0.63 [m]$$

Entonces, la relación de esbeltez es:

$$\lambda = \frac{k L_e}{r} = \frac{0.8 * (0.63)}{1.88}$$

$$\lambda = 0.27 \quad (\text{Resp. 3.28})$$



**Figura 48. Longitud efectiva de la Base 01**

La carga crítica es:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} = \frac{\pi^2 * (2 \text{ MPa}) * (3.4 \times 10^{-2} \text{ m}^4)}{(0.63 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = 5.38 \times 10^5 \text{ [N]} \quad (\text{Resp. 3.29})$$

De esta manera se comprueba que no se producirá pandeo por el peso de la máquina obtenido en la respuesta 3.6: 2.15 kN, correspondiendo al 0.40% de la carga soportada.

Para la demostración de manera gráfica se calcula la carga unitaria:

$$S_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_{cr}} = \frac{5.38 \times 10^5 \text{ N}}{9.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$S_{cr} = 54,34 \text{ [MPa]} \quad (\text{Resp. 3.30})$$

En la figura 49 se muestra que no va a existir Fallo por haber rebasado el Límite elástico ni Fallo por Pandeo, debido a que la curva de pandeo de Euler está por encima de los valores obtenidos por cálculo de la carga unitaria con relación a la esbeltez. Se grafica:

$$\lambda = 0.27$$

$$S_{cr} = 54,34 \text{ [MPa]}$$

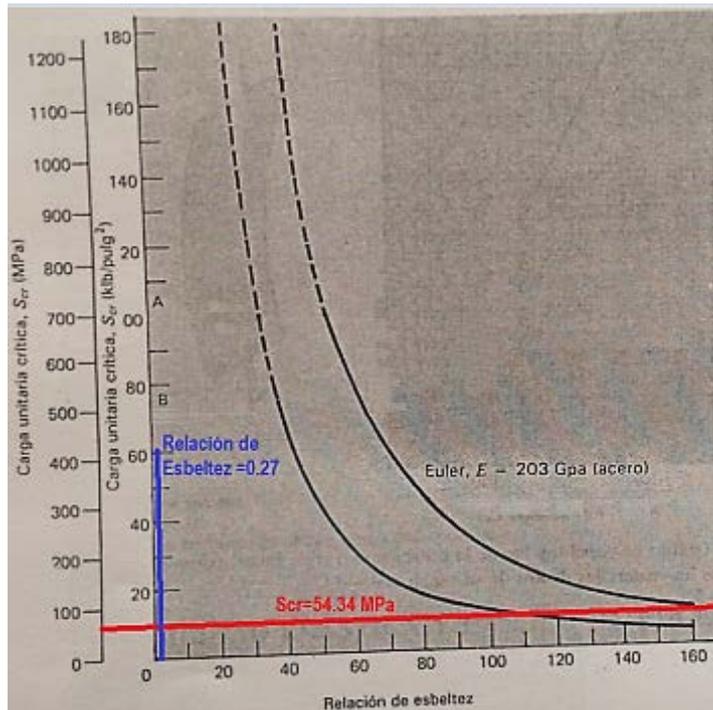


Figura 49. Longitud efectiva de la Base

- Análisis en la Base 02

La sección transversal del apoyo de la Base 02 se muestra en la figura 46.

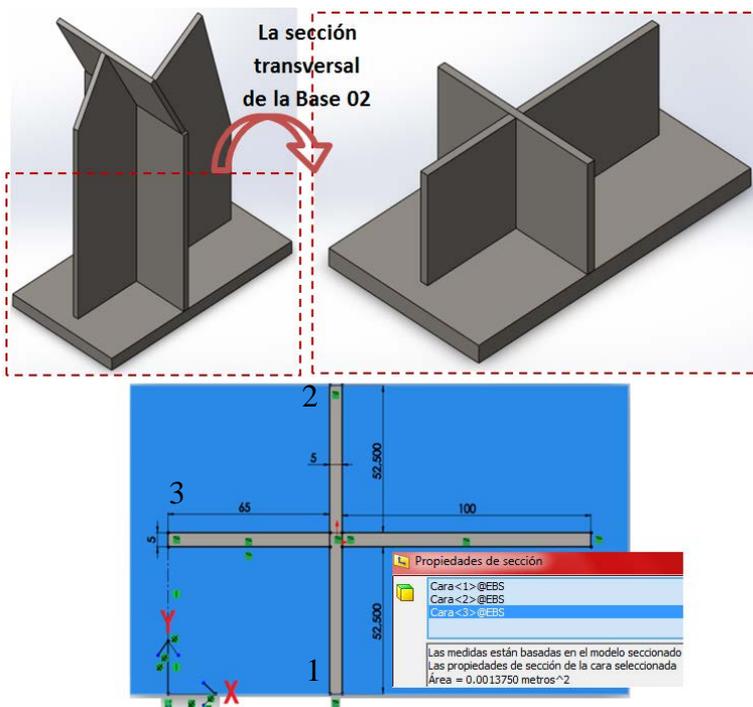


Figura 50. Sección Transversal de la Base 02

Se obtiene el área de la Base:

$$A_{base02} = 1.38x10^{-3} m^2 \quad (\text{Resp. 3.31})$$

Cálculo de  $I_{Gx}$ :

$$I_{Gx} = \frac{bh^3}{12}$$

$$I_{Gx01} = I_{Gx02} = \frac{5 * 52.5^3}{12} = 60.29x10^3 mm^4 = 6.02x10^{-8} m^4$$

$$I_{Gx03} = \frac{165 * 5^3}{12} = 1.72x10^3 mm^4 = 1.72x10^{-9} m^4$$

Ubicando el origen de coordenadas en la posición X e Y mostrada en la figura 46 se calcula el centroide en la coordenada X:

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i A_i}{\sum A_i}$$

$$\bar{x} = \frac{2 * (67.5 * (52.5 * 5)) + (85 * (5 * 170)) [mm^3]}{(52.5 * 5) + (52.5 * 5) + (5 * 170) [mm^2]}$$

$$\bar{x} = 78.6 x10^{-3} m$$

Para  $I_x$  se tiene:

$$I_X = I_{x01} + I_{x02} + I_{x03} + I_{x04}$$

$$I_{xi} = I_{Gi} + A_i d_i^2$$

$$I_{x01} = I_{x02} = 6.02x10^{-8} + (2.62x10^{-2} * (78.6 x10^{-3} - 67.5x10^{-3})^2)$$

$$I_{x01} = I_{x02} = 3.28 x10^{-6} [m^4]$$

$$I_{x03} = 1.72x10^{-9} + (8.5x10^{-2} * (78.6 x10^{-3} - 85x10^{-3})^2)$$

$$I_{x03} = 3.48 x10^{-6} [m^4]$$

$$I_X = 3.28 x10^{-6} + 3.28 x10^{-6} + 3.48 x10^{-6} [m^4]$$

$$I_X = 1.01 x10^{-5} [m^4] \quad (\text{Resp. 3.32})$$

Cálculo de  $I_{Gy}$ :

$$I_{Gy} = \frac{b^3 h}{12}$$

$$I_{Gy01} = I_{Gy02} = \frac{5^3 * 52.5}{12} = 546.87 mm^4 = 5.46x10^{-10} m^4$$

$$I_{Gy03} = \frac{170^3 * 5}{12} = 20.47 x10^5 mm^4 = 2.05x10^{-6} m^4$$

Cálculo del Centroide:

$$\bar{y} = \frac{\sum Y_i A_i}{\sum A_i} \quad (\text{Ecuación 21})$$

$$\bar{y} = \frac{(26.25 * (52.5 * 5)) + (83.75 * (52.5 * 5)) + (55 * (170 * 5)) [mm^3]}{(52.5 * 5) + (52.5 * 5) + (170 * 5) [mm^2]}$$

$$\bar{y} = 55 \text{ mm} = 55 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para  $I_y$  se tiene:

$$I_y = I_{y01} + I_{y02} + I_{y03} + I_{y04} \quad (\text{Ecuación 22})$$

$$I_{yi} = I_{Gi} + A_i d_i^2 \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$I_{y01} = 5.46 \times 10^{-10} + (2.62 \times 10^{-2} * (55 \times 10^{-3} - 26.25 \times 10^{-3})^2)$$

$$I_{y01} = 2.2 \times 10^{-5} [m^4]$$

$$I_{y02} = 5.46 \times 10^{-10} + (2.62 \times 10^{-2} * (55 \times 10^{-3} - 83.75 \times 10^{-3})^2)$$

$$I_{y02} = 2.2 \times 10^{-5} [m^4]$$

$$I_{y03} = 2.05 \times 10^{-6} + (85 \times 10^{-2} * (55 \times 10^{-3} - 55 \times 10^{-3})^2)$$

$$I_{y03} = 2.05 \times 10^{-6} [m^4]$$

$$I_y = 2.2 \times 10^{-5} + 2.2 \times 10^{-5} + 2.05 \times 10^{-6} [m^4]$$

$$I_y = 4.5 \times 10^{-5} [m^4] \quad (\text{Resp. 3.33})$$

Por lo tanto, para el cálculo del pandeo y esbeltez se utilizará el menor valor del momento de inercia de acuerdo a las respuestas obtenidas en 3.32 y 3.33. Se calcula el radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A_{im}}} = \sqrt{\frac{4.5 \times 10^{-5} [m^4]}{9.9 \times 10^{-3} [m^2]}}$$

$$r = 67.7 \times 10^{-3} \text{ m}$$

En la figura 41, el valor práctico de  $K$  para un sistema Empotrada-Articulada es:

$$K = 0.8$$

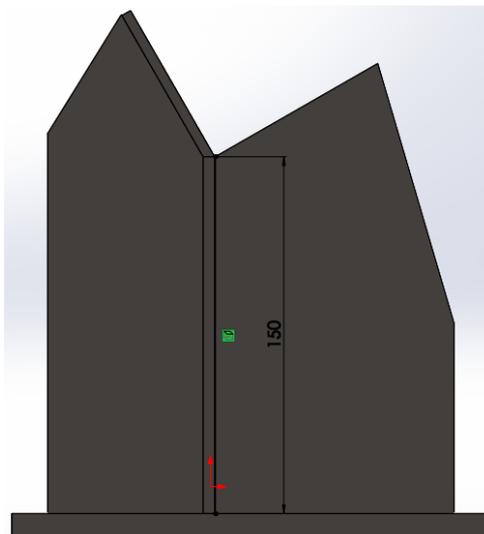
En la figura 44 se puede apreciar la longitud efectiva de la base, que es:

$$L_e = 0.15 [m]$$

Entonces, la relación de esbeltez es:

$$\lambda = \frac{k L_e}{r} = \frac{0.8 * (0.15)}{67.7 \times 10^{-3}}$$

$$\lambda = 1.8 \quad (\text{Resp. 3.34})$$



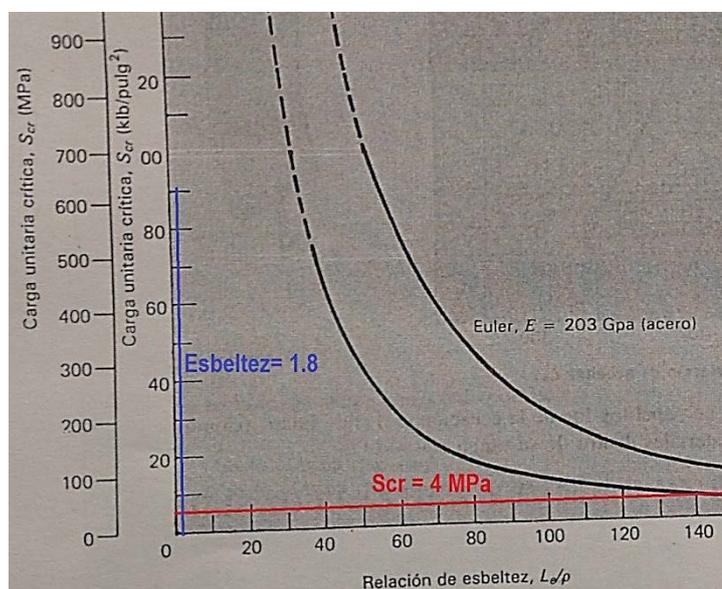
**Figura 51. Longitud efectiva de la Base**

Para la demostración de manera gráfica se calcula la carga unitaria es:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_e^2} = \frac{\pi^2 (2 \text{ MPa}) * 4.5 \times 10^{-5} (\text{m}^4)}{(0.15 \text{ m})^2} = 39.5 \text{ [kN]}$$

$$S_{cr} = \frac{P_{cr}}{A_{cr}} = \frac{39.5 \text{ kN}}{9.9 \times 10^{-3} \text{ m}^2}$$

$$S_{cr} = 4 \text{ [MPa]} \quad (\text{Resp. 3.35})$$

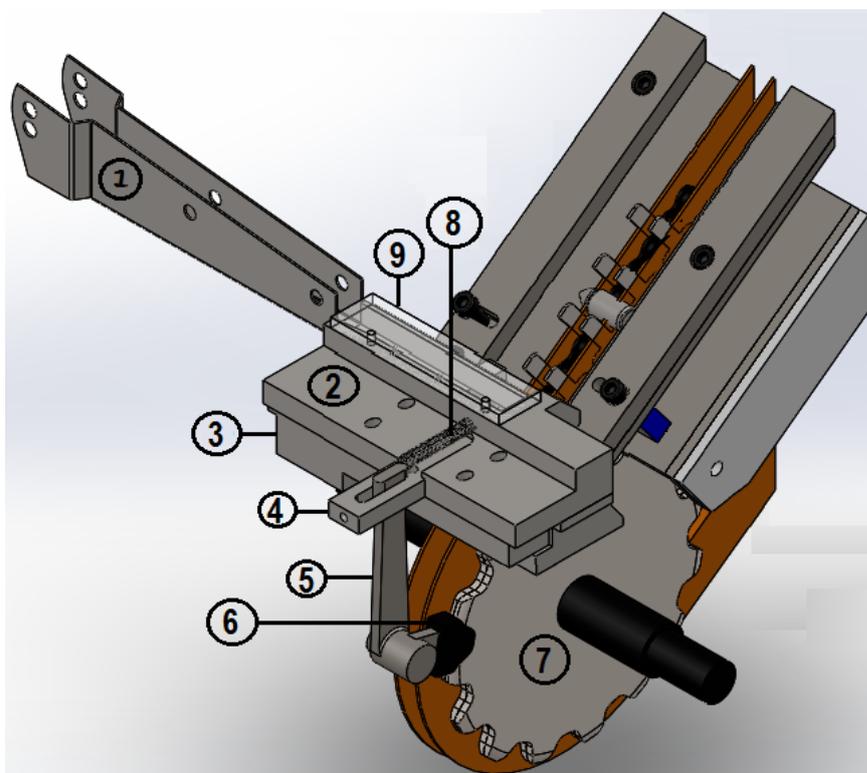


**Figura 52. Longitud efectiva de la Base 02**

En la figura 52 se muestra que no va a existir Fallo por haber rebasado el Límite elástico ni Fallo por Pandeo.

### 3.4.2 COMPONENTES Y GEOMETRÍA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

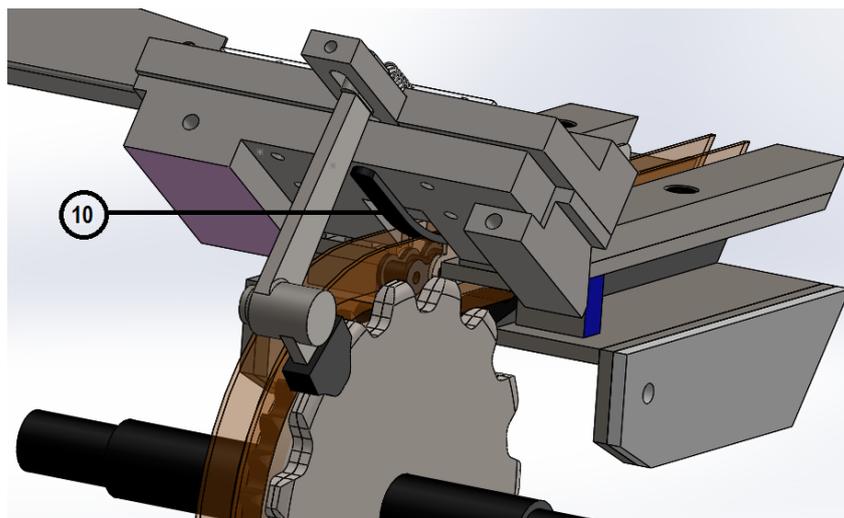
Una vez obtenido el correcto peso de la munición a través del sistema de pesaje PC 56 como se explicó en el ítem 2.2.1 del segundo capítulo de esta tesis, se recibe la munición para el siguiente proceso en el sistema de distribución. Dicho sistema está conformado por 9 partes, que unidos realizan el mecanismo de ingreso de la munición hacia la cadena de transmisión. En la figura 53 se puede apreciar un bosquejo en Solidwork.



**Figura 53. Vista Isométrica del Sistema de Distribución de la Máquina de Inspección Visual Artificial**

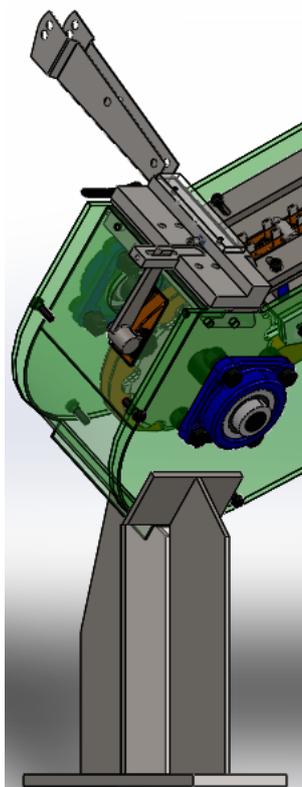
Sus partes son: 1. Caída de Munición, 2 y 3. Conjunto de Deslizamiento de Munición, 4 y 5. Conjunto de Expulsión, 6. Leva, 7. Rueda Dentada, 8. Resorte, 9. Tapa Guía y 10. Guía de Munición Central.

En la figura 54 se puede apreciar el componente 10 debido a que es necesario mostrar en una vista isométrica inferior para más detalle.



**Figura 54. Sistema de Distribución apoyada en la Base 02 de la Máquina de Inspección Visual Artificial**

En figura 55 se puede apreciar que la ubicación del sistema de distribución se encuentra apoyada en la base 02 de la máquina.



**Figura 55. Sistema de Distribución apoyada en la Base 02 de la Máquina de Inspección Visual Artificial**

### 3.4.2.1 Descripción de la Caída de Munición

Realizada en chapa metálica, su función principal es conectar la máquina PC56 con el sistema de Visión Artificial. Es muy importante que el ángulo de inclinación a la cual se encuentra la máquina quede completamente alineado con el ángulo de esta pieza, de esta manera se reducirá que las municiones queden atrapadas y embotelladas en el conjunto de deslizamiento y así no sea expulsada hacia la banda transportadora.

### 3.4.2.2 Descripción del Conjunto de Deslizamiento de la Munición

Está integrada por dos piezas realizadas en el centro de mecanizado y luego en la máquina convencional para fresado. Es la conexión de la caída de la munición y tiene la particularidad de tener un apoyo de forma irregular en su parte frontal, la cual permitirá que las balas que son expulsadas hacia la cadena tengan un límite tanto en la culata, como en la bala o cabeza de la munición con el mismo ángulo de inclinación de las rieles. Estas dos piezas se unen a través de una

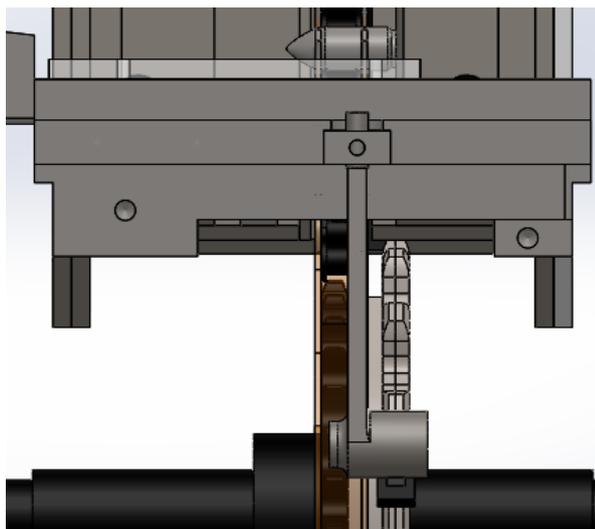


**Figura 56. Perspectivas del Conjunto de Deslizamiento de la Munición**

### 3.4.2.3 Descripción del Conjunto de Expulsión

En la figura 56 se observa la ubicación del conjunto de expulsión integrada por dos piezas que realizan un movimiento de vaivén sobre el sistema de deslizamiento. Este movimiento permite el empuje de la bala hacia la cadena, que está completamente sincronizada con el movimiento que genera el piñón y la velocidad a la cual se encuentre operando la máquina. La segunda pieza larga, llamada Acople

del elemento se une con el deslizador a través del orificio que ésta tiene. Este conjunto mecánico realiza la conversión del movimiento circular que genera el piñón a lineal a través del resorte que se incorpora en la parte superior de la pieza larga. El diseño del acople es en forma de L, por lo que esta pieza también está integrada por dos piezas que se unen mediante soldadura. Los datos dimensionales se detallan en planos.



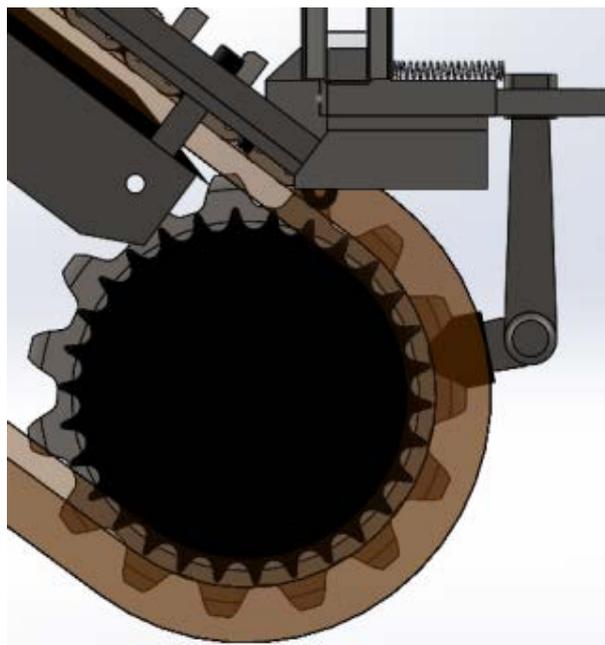
**Figura 57. Vista Frontal Posterior del Conjunto de Expulsión**

#### **3.4.2.4 Descripción de la Leva y Rueda Dentada**

La leva completamente acoplada en la rueda dentada está diseñada en relación al paso de la misma. Cuando la leva se encuentra en la parte más alta de la rueda, el conjunto de expulsión y el resorte se preparan para expulsar a la munición, mientras que, cuando se encuentra en la parte inferior ya la habrá expulsado. Este movimiento corresponde a una forma sinusoidal constante y repetitiva, es decir no variante en el tiempo.

#### **3.4.2.5 Descripción del Resorte**

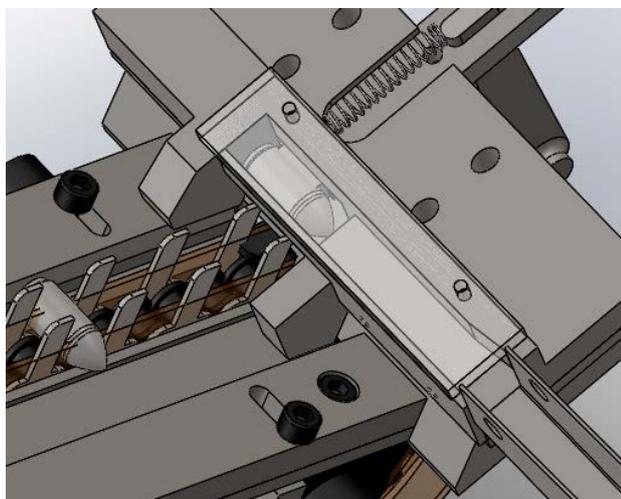
Es un resorte comprimido de expulsión, es la que permite el cambio de movimiento a lineal y se encuentra ubicado entre el conjunto de Deslizamiento de la Munición y el conjunto de Expulsión. Las características del resorte están en planos.



**Figura 58. Vista Frontal Posterior del Conjunto de Expulsión y Resorte**

#### **3.4.2.6 Descripción de la Tapa Guía y Guía de Munición Central**

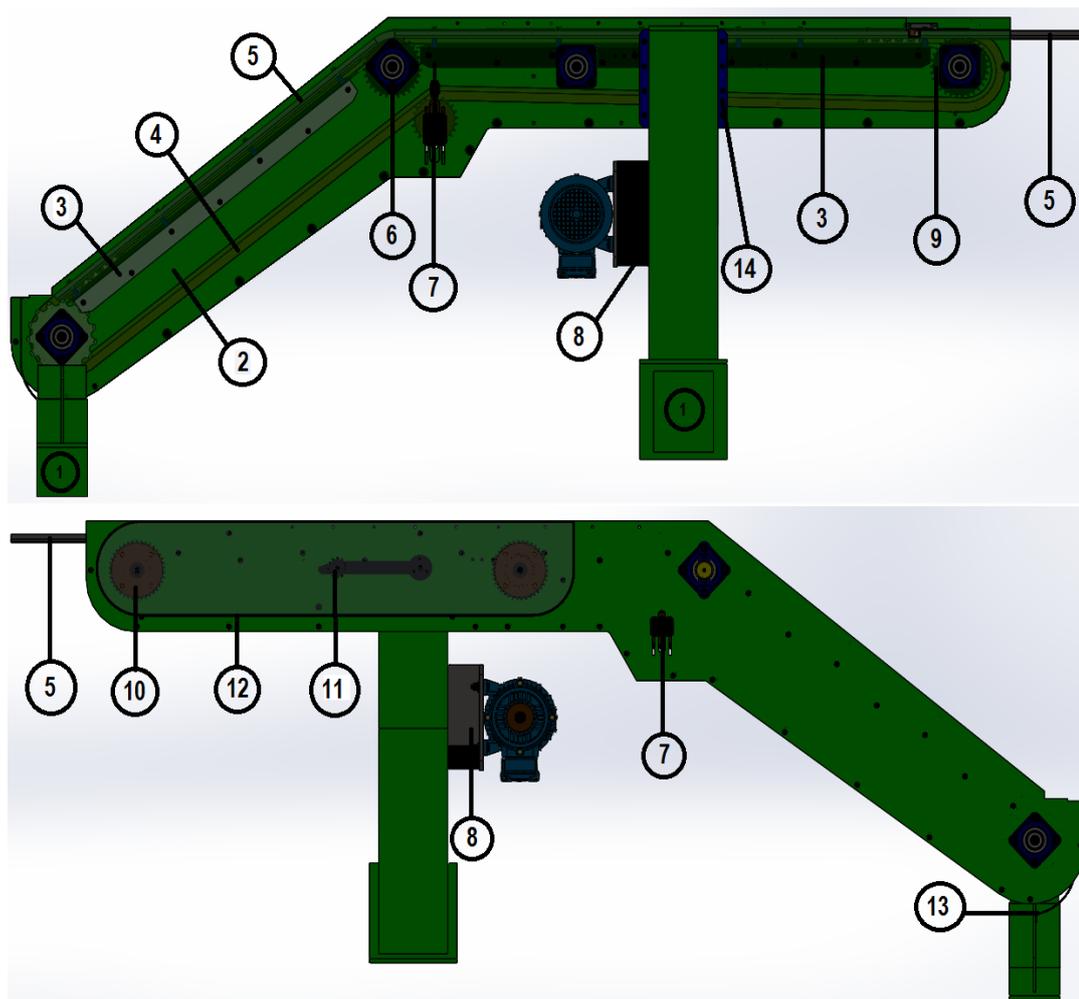
La tapa guía permite que la munición que ingresa no realice un movimiento brusco y éste se expulse hacia afuera de la máquina. Mientras que la Guía de Munición Central permite que la bala se coloque correctamente sobre la cadena de transmisión operando como puente entre el conjunto de deslizamiento y la Banda Transportadora.



**Figura 59. Vista Frontal Posterior del Conjunto de Expulsión y Resorte**

### 3.4.3 COMPONENTES Y GEOMETRÍA QUE INTEGRAN LA BANDA TRANSPORTADORA

El sistema que integra la banda transportadora empieza una vez que el sistema de distribución haya colocado la munición en la banda transportadora. Todo el conjunto de la Banda Transportadora está compuesto de 14 elementos principales.



**Figura 60. Vista Frontal Delantera y Posterior de la Banda Transportadora**

Sus partes son: 1. Bases, 2. Tapas, 3. Base Soporte de Cadena, 4. Cadena, 5. Rieles, 6. Rodamientos, 7. Templador De Cadena, 8. Soporte De Motor, 9. Conjunto de Engranes Para Cadena, 10. Sistema de Transmisión, 11. Templador del S.T, 12. Tapa del S.T, 13. Protección Del Sistema de Distribución, 14. Soporte

### 3.4.3.1 Descripción de las Bases

Construidos en acero A36 sirven de soporte y estabilidad de todo el sistema de visión artificial. Las bases son huecas, por lo que cada cara de la plancha fue soldada para luego realizar su respectivo ensamblaje. El ángulo de construcción para el asentamiento del sistema fue de 60 grados.



**Figura 61. Soldadura de las Bases**

### 3.4.3.2 Descripción de las Tapas

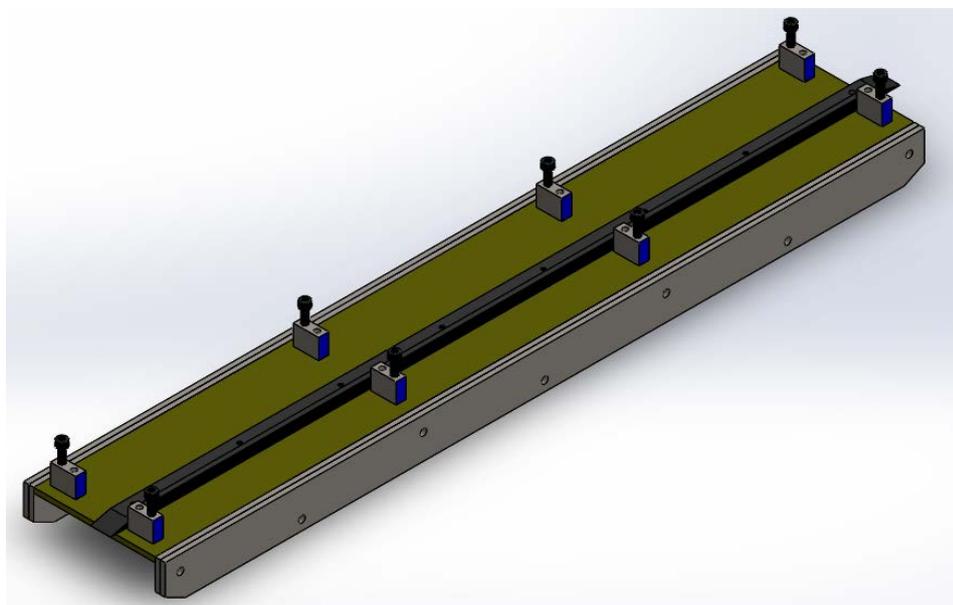
Son dos placas: una delantera y otra posterior, construidos en Acero A36, tiene un revestimiento de pintura que permite que no se pueda oxidar. Trabajado en las máquinas convencionales de fresado y torneados para las perforaciones donde se instalarán los rodamientos. También se realizaron perforaciones para la sujeción de las cajas de las cámaras, así como un destaje en la tapa delantera para poder observar el fulminante de acuerdo a la ubicación de la cámara monocromática.



**Figura 62. Colocación de Revestimiento de Pinturas en las Placas**

### 3.4.3.3 Descripción de la Base Soporte de Cadena

Su función es ser soporte de todo el sistema de transmisión. Construidos en Acero A36, son dos conjuntos de Bases Soportes que están ubicados al comienzo y al final de la trayectoria de la banda. Compuesto por una riel que se ubica en el centro del soporte donde se deslizará la cadena. A cada lado hay 4 vigas que serán de unión para las rieles a través de unos pernos cumpliendo la función de permitir una flexibilidad al momento de elegir con qué tipo de munición se va a operar a través de la disminución de la holgura entre rieles.



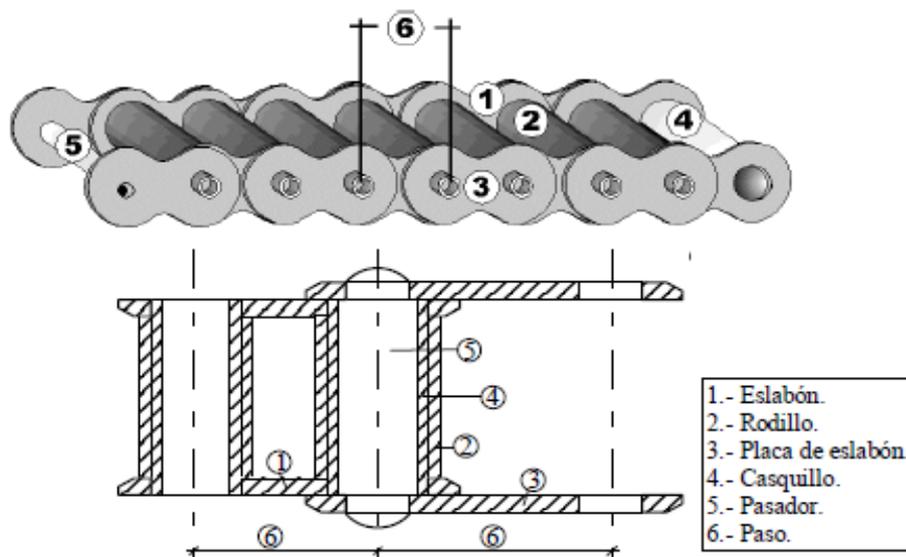
**Figura 63. Base Soporte de la Cadena**

### 3.4.3.4 Descripción de la Cadena

Los elementos de máquinas elásticos o flexibles como bandas, cables, cadenas y otros similares se emplean en los sistemas de transporte y para transmitir potencia a distancias comparativamente largas.

Además, puesto que estos elementos son elásticos y suelen ser bastantes largos, tienen una función importante en la absorción de cargas de impacto y en el amortiguamiento y aislamiento de los efectos de las vibraciones, lo que es una ventaja importante para la vida de la máquina.

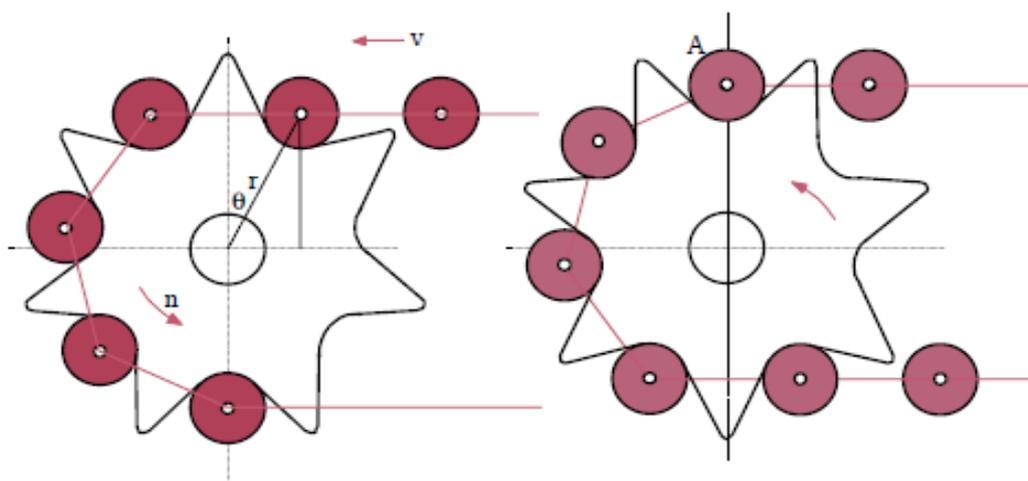
Las características básicas de las Entre los diversos tipos de cadenas empleados en transmisiones de potencia las más usadas son las cadenas de rodillos. Las partes conformada por una cadena de rodillos son las que se presentan en la figura:



**Figura 64. Partes de una Cadena de Rodillos**

**Fuente:** (Robert L. Mott, 2006)

Las fuerzas que actúan son prácticamente las mismas que en las correas excepto que pueden producirse cargas importantes debido al impacto cuando los rodillos establecen contacto con los dientes de los piñones. En la siguiente figura se muestra un fenómeno denominado acción de cuerda que describe el siguiente comportamiento:



**Figura 65. Acción de Cuerda**

**Fuente:** (Robert L. Mott, 2006)

El rodillo A en un instante en el que está precisamente apoyado en el diente correspondiente, se observa que la línea de centros de la cadena está separada una distancia  $r \cos \theta$  del eje. Esta distancia es menor que el radio  $r$ . Si  $n$  es el régimen de giro del piñón, la velocidad lineal de la cadena antes y después de girar el piñón un ángulo  $\theta$  vienen dados por:

$$V_o = 2 * \pi * r * n * \cos \theta \quad \text{Ecuación 24}$$

Y:

$$V_1 = 2 * \pi * r * n \quad \text{Ecuación 25}$$

Aumentado desde  $V_o$  a  $V_1$  y posteriormente, disminuyendo al abandonar el piñón, de  $V_1$  a  $V_o$  variación cuya duración es la correspondiente a la de cada ciclo de engrane de un diente. Como cualquier cambio de velocidad supone la existencia de una aceleración, y esta implica la aparición de una fuerza; además, en la componente vertical aparecen aceleraciones que ocasionan brincos en las cadenas. Se acepta de forma práctica que cuando el número de dientes del piñón iguala o supera el de 25, dicho incremento es despreciable y la cadena no brinca. Se recomienda que el número mínimo de dientes del piñón más pequeño de una transmisión por cadena sea:

$$N_{dientes} = 12 \quad \rightarrow \quad \text{baja velocidad}$$

$$N_{dientes} = 17 \quad \rightarrow \quad \text{media velocidad}$$

$$N_{dientes} = 21 \quad \rightarrow \quad \text{alta velocidad}$$

Se debe entender por velocidad baja de cadena cuando es menor de 2 m/s y por velocidad alta cuando supera los 20 m/s. Hay un detalle constructivo importante y que no debe dejarse pasar por alto, es el hecho de que con un número impar de dientes en el piñón pequeño y un número par de dientes en el piñón grande la frecuencia de contacto entre un diente y un rodillo determinado es mínima, lo que origina una mejor distribución del desgaste.

Las cadenas de rodillo rara vez fallan debido a la falta de resistencia a la tensión; es más común que fallen porque se sometan a un gran número de horas de servicio. La falla real puede deberse: o bien al desgaste de los rodillos sobre los pasadores, o a

la fatiga de las superficies de los rodillos. La resistencia a la fatiga de las placas del eslabón gobierna la capacidad a bajas velocidades. La potencia nominal  $H_1$ , limitada por placa del eslabón es:

$$H_1 = 0.004 * Z^{1.08} * n^{0.9} * p^{(3-0.07p)} \quad \text{Ecuación 26}$$

Mientras la potencia nominal  $H_2$ , limitada por los rodillos, como:

$$H_2 = \frac{10004 * K_r * Z^{1.5} * p^{0.8}}{n^{1.5}} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

$Z$  = número de dientes en la catarina menor

$n$  = velocidad de la catarina menor, (rpm)

$p$  = paso de la cadena, (pulg)

$K_r$  = 29 para cadenas de paso grande y 17 para cadenas de paso pequeño

Otro parámetro que se obtuvo con la medición del pie de rey digital en la máquina transportadora es:

$$\text{Diámetro de rodillo} = 7.91 \text{ [mm]}$$

En la siguiente tabla se halla el número de cadena ANSI que corresponde al paso y diámetro de rodillo:

**TABLA 22**

**NÚMERO DE CADENA ANSI**

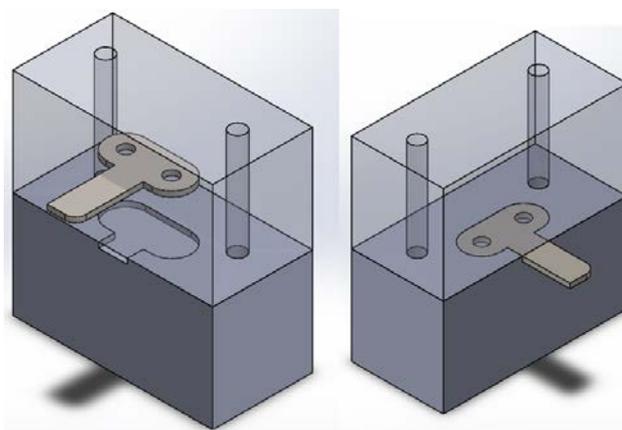
Número de cadena ANSI	Paso, pulg (mm)	Ancho, pulg (mm)	Resistencia mínima a la tensión, lbf (N)	Peso promedio, lbf/pie (N/m)	Diámetro del rodillo, pulg (mm)	Espaciamento de torones múltiples, pulg (mm)
25	0.250 (6.35)	0.125 (3.18)	780 (3 470)	0.09 (1.31)	0.130 (3.30)	0.252 (6.40)
35	0.375 (9.52)	0.188 (4.76)	1 760 (7 830)	0.21 (3.06)	0.200 (5.08)	0.399 (10.13)
41	0.500 (12.70)	0.25 (6.35)	1 500 (6 670)	0.25 (3.65)	0.306 (7.77)	— —
40	0.500 (12.70)	0.312 (7.94)	3 130 (13 920)	0.42 (6.13)	0.312 (7.92)	0.566 (14.38)
50	0.625 (15.88)	0.375 (9.52)	4 880 (21 700)	0.69 (10.1)	0.400 (10.16)	0.713 (18.11)
60	0.750 (19.05)	0.500 (12.7)	7 030 (31 300)	1.00 (14.6)	0.469 (11.91)	0.897 (22.78)

**Fuente: (Faires, 2008)**

Por lo tanto, el número de cadena ANSI es 40. Las indicaciones para el correcto montaje de una cadena son sumamente sencillas y requiere que cumpla las siguientes indicaciones:

- Que mantengan un paralelismo entre piñón conductor y piñón conducido. Para su comprobación es frecuente recurrir a dos reglas que situadas a ambos lados de los piñones indican de forma muy clara el paralelismo de montaje.
- Que los piñones además de paralelos se mantengan en un plano perfecto.
- Que el eje o el árbol sobre el que se monten los piñones no tengan holgura ni estén descentrados, debido a que esto provoca la aparición de brincos y tensiones anómalas.
- La colocación de la cadena no debe estar en exceso porque se acorta su vida útil y tampoco debe tener defecto de tensión porque tiende a salirse.
- En el caso de montaje horizontal es conveniente para una correcta tensión de montaje que la cadena tenga una pequeña flecha. En el caso de transmisión vertical la cadena tendrá una tensión adecuada cuando admita una ligera presión de la mano sin hacer resorte
- Que la totalidad de la transmisión disponga de un sistema eficaz de engrase.
- Que se puedan verificar los eslabones de unión por ser éstos la zona más débil de las cadenas.

Para el troquelado de las piezas de la banda transportadora por experiencia de los técnicos se usará como lubricante al diésel debido a que éste es más denso, es decir es más liviano que la gasolina, además existe limpieza con menos cantidad de viruta.



**Figura 66. Matriz para elaboración del Eslabón**



**Figura 67. Eslabones de la Cadena de la cadena de Transmisión**

### 3.4.3.5 Descripción del Conjunto de Engranés Para Cadena

El sistema de transmisión que permite el transporte de la munición tiene dos trayectorias; en la primera posición la cadena está inclinada y su movimiento es ascendente permitiendo la traslación de la munición, la segunda trayectoria es inclinada y va dirigido el movimiento desde izquierda a derecha obteniendo la traslación y rotación de los 360° de la munición. Así el primer recorrido tiene una longitud de 0.93m mientras que el segundo tiene 1.3m, el total de toda la cadena es de 4.8m. La banda transportadora dispone de 4 engranes distribuidos, en el cual el engrane 01, 02 y 03 son de las mismas características físicas, mientras que el engrane 04 es diferente.

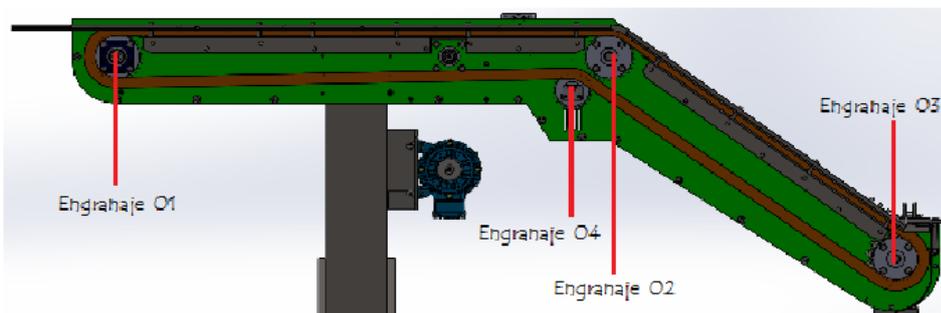
La información de cada piñón se midió con un instrumento de medición preciso llamado Pie De Rey (digital) en la banda transportadora que se encuentra en “Santa Bárbara E.P”, los resultados se muestra en la tabla 23.

**TABLA 23**

#### **ESPECIFICACIONES DE ENGRANES**

	<b>Engrane 01 = Engrane 02 = Engrane 03</b>	<b>Engrane 04</b>
<b>Número de Dientes (Z)</b>	30	23
<b>Diámetro Externo (De)</b>	128.5 mm	100 mm

El sistema está compuesto por 4 engranes:



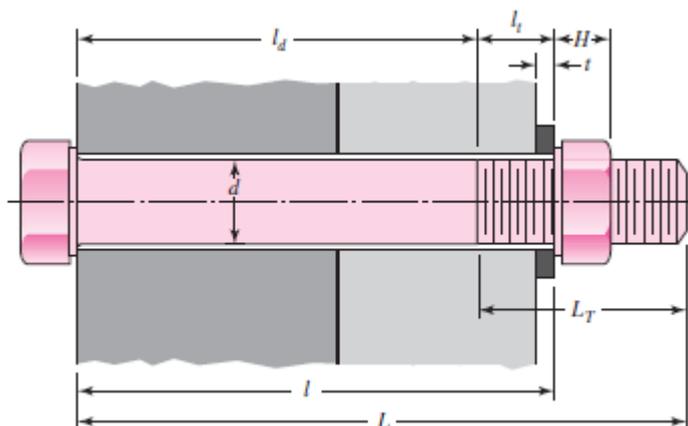
**DATOS DE LOS ENGRANES:**

- Engrane 01
  - $Z_1 := 30$
  - $F_{\text{m}} := 7.22$
  - $De_1 := 128.5$
- Engrane 04
  - $Z_4 := 23$
  - $F_4 := 7.22$
  - $De_4 := 100$
- Se encuentra el módulo:  $m = \frac{D_e}{Z + 2}$
- Engrane 01
  - $m_1 := \frac{De_1}{Z_1 + 2}$
  - $m_1 = 4.016$
- Engrane 04
  - $m_4 := \frac{De_4}{Z_4 + 2}$
  - $m_4 = 4$
- Se encuentra el diámetro primitivo:  $m = \frac{D_p}{Z}$
- Engrane 01
  - $Dp_1 := m_1 \cdot Z_1$
  - $Dp_1 = 120.469$
- Engrane 04
  - $Dp_4 := m_4 \cdot Z_4$
  - $Dp_4 = 92$
- Régimen de Giro del piñón:  $n := 17$
- Velocidad del piñón:
- Engrane 01
  - $Vp_1 := 3.1416 \cdot Dp_1 \cdot n$
  - $Vp_1 = 6.434 \times 10^3$
- Engrane 04
  - $Vp_4 := 3.1416 \cdot Dp_4 \cdot n$
  - $Vp_4 = 4.913 \times 10^3$
- Paso Circular:
- Engrane 01
  - $p_1 := \pi \cdot m_1$
  - $p_1 = 12.615$
- Engrane 04
  - $p_4 := \pi \cdot m_4$
  - $p_4 = 12.566$
- Velocidad de la catarina menor, rpm
  - $Vp_4 := \frac{Z_4 \cdot p_4 \cdot n}{12}$
  - $Vp_4 = 409.454$

**Figura 68. Hoja de Cálculo para el Sistema de Engranaje**

### 3.4.4 SOLDADURAS DE LAS ESTRUCTURAS

Para el siguiente análisis de la soldadura en el soporte de la base del motor es necesario determinar las características del perno que se va a usar para unir la placa del motor con la placa que será soldada.



**Figura 69. Especificaciones del Perno**

Fuente: (Robert L. Mott, 2006)

A continuación se realiza el cálculo del Diámetro mínimo para los pernos de soporte motor. Por razones de vibración y estabilidad, es necesario colocar cuatro pernos con su respectiva arandela y tuerca, quedando la fuerza (el peso del motor) distribuida así:

$$F = 12.5 \text{ Kg}f = 122.63 \text{ [N]}$$

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (Nm)	Par máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Peso (kg)
kW	HP					
		IV Polos - 1800 rpm - 60 Hz				
		WEG-W22-Motor-Trifasico				
0,09	0,12	63	0,499	3,4	0,00045	7,0
0,55	0,75	71	3,13	2,5	0,00096	11,5
0,75	1	80	4,17	2,9	0,0025	12,5
1,1	1,5	80	6,15	2,8	0,0030	14,0

**Figura 70. Especificaciones del Motor**

Fuente: (Empresa Alemana, 1969)

Aplicada en cada perno:

$$F = \frac{122.63 \text{ N}}{4} = 30.66 \text{ [N]}$$

Existiendo un esfuerzo cortante para cada perno respectivamente:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi * \frac{D^2}{4}} = 0.577 * \frac{S_d}{n_d}$$

Donde:

$$n = 2 \quad (\text{Resp. 3.36})$$

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, <sup>†</sup> MPa	Resistencia mínima a la tensión, <sup>†</sup> MPa	Resistencia mínima a la fluencia, <sup>†</sup> MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

**Figura 71. Clases métricas de propiedad mecánica de pernos**

**Material:** Acero de medio Carbono

$$S_d = 310 \text{ MPa}$$

$$D = \sqrt{\frac{F}{0.577 * \frac{S_d}{n_d} * \frac{\pi}{4}}}$$

$$D = \sqrt{\frac{30.66 \text{ [N]}}{0.577 * \frac{310 \text{ [MPa]}}{2} * \frac{\pi}{4}}} = 7.56 \text{ [mm]}$$

De esto se selecciona cuatro pernos M8

\*La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$

donde  $L$  es la longitud del perno. La longitud de la rosca de pernos estructurales es ligeramente menor que la indicada.

†Las resistencias mínimas son las resistencias que excede 99% de los sujetadores.

**Figura 72. Fórmulas para encontrar la longitud de la rosca en pernos**

**Fuente:**(Faires, 2008)

Por lo tanto:

$$d = 8[mm] \quad (\text{Resp. 3.37})$$

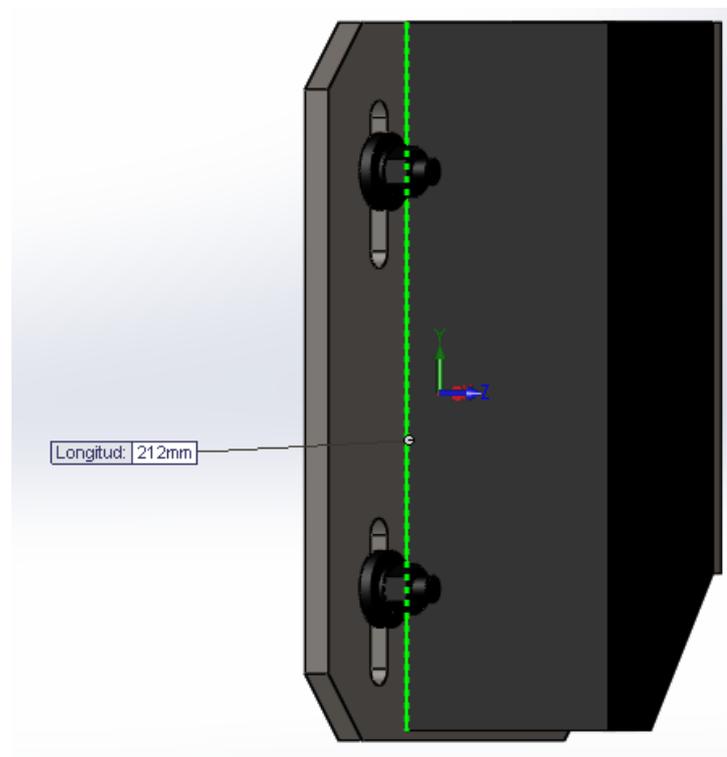
$$L \leq 200$$

$$L_t = 2 * d + 6$$

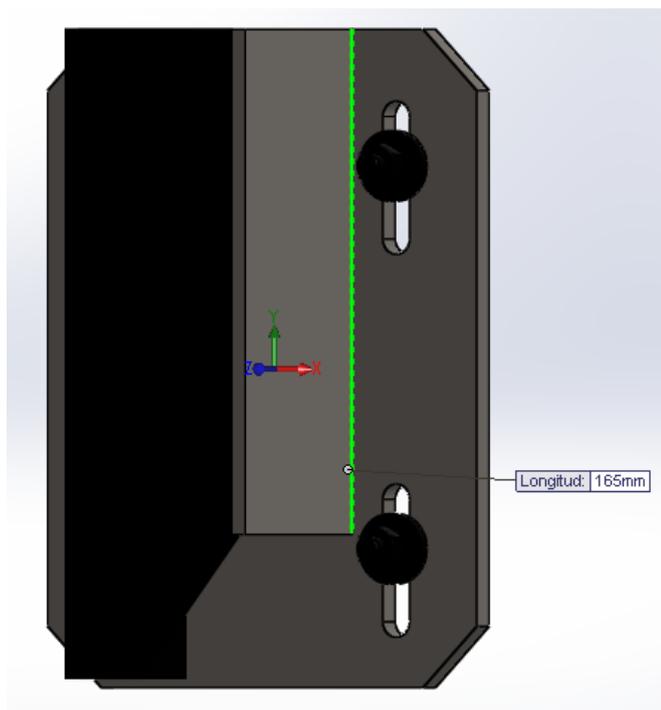
$$L_t = 2 * 8 + 16[mm]$$

$$L_t = 24 [mm]$$

Se tiene entonces los cálculos para los siguientes cordones de soldadura:

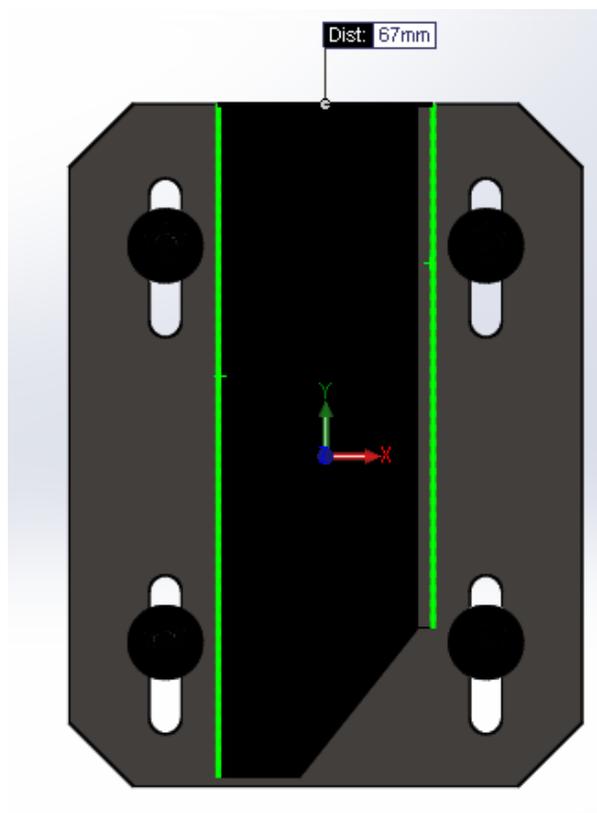


**Figura 73. Cordón de Soldadura 01**



**Figura 74. Cordón de Soldadura 02**

Longitud entre soldaduras:



**Figura 75. Longitud de Soldaduras**

Calculo del centroide de la soldadura:

$$\bar{x} = \frac{A_{g1} * X1 + A_{g2} * X2}{A_t} \quad \text{Ecuación 28}$$

Donde:

$$A_{g1} = 0.707 * h * l1 \quad X_1 = 0 [m]$$

$$A_{g2} = 0.707 * h * l2 \quad X_2 = 67 [mm] = 6.7 * 10^{-2} [m]$$

*h altura de la garganta de soldadura [m]*

$$\bar{x} = \frac{0.707 * h * 0.212[m] * 0 + 0.707 * h * 0.165[m] * 0.067[m]}{0.707 * h * 0.165[m] + 0.707 * h * 0.212[m]}$$

$$\bar{x} = 29.32 [mm] = 2.9 * 10^{-2} [m] \quad (\text{Resp. 3.38})$$

$$\bar{y} = \frac{0.707 * h * 0.212[m] * 0.106[m] + 0.707 * h * 0.165[m] * 0.1295[m]}{0.707 * h * 0.165[m] + 0.707 * h * 0.212[m]}$$

$$\bar{y} = 116.29 [mm] = 1.16 * 10^{-1} [m] \quad (\text{Resp. 3.39})$$

Esfuerzo cortante primario

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{122.63[N]}{0.266[m] * h} = \frac{461.015}{h} [Pa * m]$$

Esfuerzo cortante secundario

$$\tau' = \frac{M * C}{I} \quad \text{Ecuación 29}$$

Cálculo de la Inercia

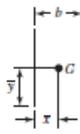
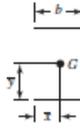
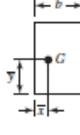
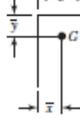
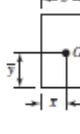
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{bd^2}{2}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^2}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_y = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^2}{6}(3b + d)$

Figura 76. Propiedades Flexionantes de las Soldaduras de filete

$$I = I_1 + I_2$$

$$I_1 = I_g + A_1 * d_1^2$$

$$I_1 = \frac{l_1^3}{12} * 0.707 * h + 0.707 * h * l_1 * (116.29 - 106)^2$$

$$I_1 = 5.77 * 10^5 * h [mm^4] \quad (\text{Resp. 3.40})$$

$$I_2 = I_g + A_2 * d_2^2$$

$$I_2 = \frac{l_2^3}{12} * 0.707 * h + 0.707 * h * l_2 * (116.29 - 129.5)^2$$

$$I_2 = 2.85 * 10^5 * h [mm^4] \quad (\text{Resp. 3.41})$$

$$I = 8.62 * 10^5 * h [mm^4] \quad (\text{Resp. 3.42})$$

$$\tau' = \frac{M * C}{I} = \frac{V * d * \bar{x}}{I}$$

$$\tau' = \frac{122.63[N] * 0.088[m] * 0.0293[m]}{8.62 * 10^{-7} * h [m^4]}$$

$$\tau' = \frac{366809}{h} [Pa * m] \quad (\text{Resp. 3.43})$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + \tau'^2} [Pa * m]$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\frac{461.015^2}{h} + \frac{366809^2}{h}}$$

$$\tau_{max} = \frac{366809}{h} [Pa * m] \quad (\text{Resp. 3.44})$$

TABLA 24

## PROPIEDADES MÍNIMAS DEL METAL DE APORTE

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

\*Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

**Fuente: (Robert L. Mott, 2006)**

Para el cordón de soldadura realizado con Electrodo 6011

$$S_y = 345 [MPa]$$

**TABLA 25**  
**ESFUERZOS PERMISIBLES DEL CÓDIGO AISC PARA METAL DE**  
**APORTE**

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n°
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_y^1$	

**Fuente: (Faires, 2008)**

Factor de corrección para Esfuerzo cortante 0.30

$$S_{ssy} = 0.30 * S_y \text{ [MPa]}$$

$$S_{ssy} = 0.30 * 345 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ssy} = 103.5 \text{ [MPa]} \quad (\text{Resp. 3.45})$$

Ahora se calcula el valor de la garganta de soldadura para un factor de seguridad de dos así:

$$n = \frac{S_{ssy}}{\tau_{max}} \quad \text{Ecuación 30}$$

$$2 = \frac{103.5 * 10^6}{\frac{366809}{h}}$$

Despejando h

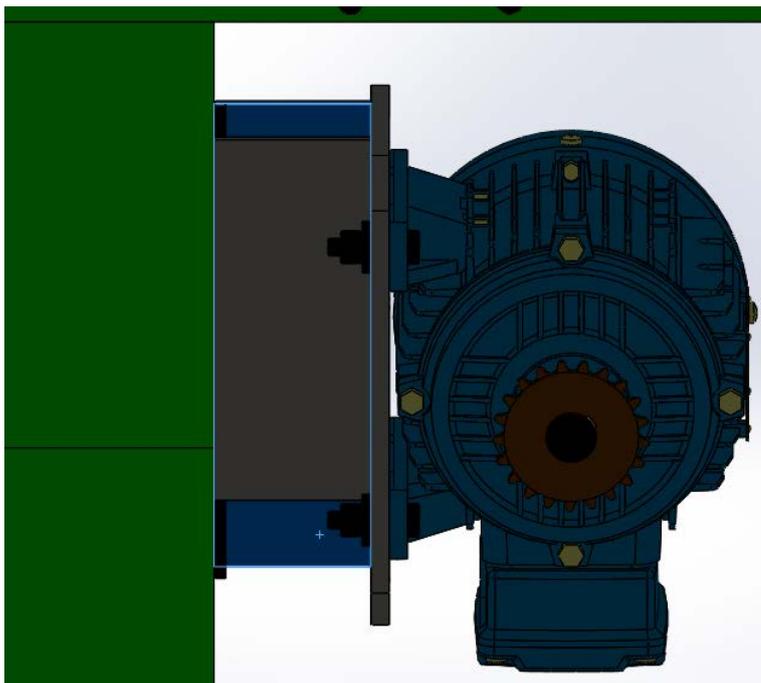
$$h = 7.09 * 10^{-3} \text{ [m]} \quad (\text{Resp. 3.46})$$

Por lo tanto:

**Consumible a utilizar: E6011**

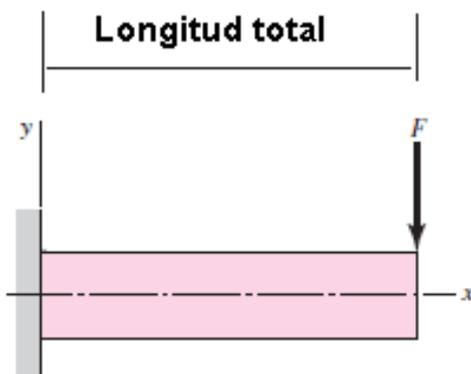
**Proceso: SMAW**

Cordón de soldadura para la unión de la placa sujetadora



**Figura 77. Placa Sujetadora del Motor**

Para el cálculo del cordón de soldadura se supone que los pernos no fallaran ni la unión soldada, por lo que se puede considera como un voladizo y una fuerza cortante total así:



**Figura 78. Consideración de Voladizo**

Donde:

$$\text{Longitud base} = 77 \text{ [mm]}$$

$$\text{Longitud motor centro de masa} = 80 \text{ [mm]}$$

$$\text{Longitud total} = 157 \text{ [mm]}$$

$$F_{total} = F_{base} + F_{motor}$$

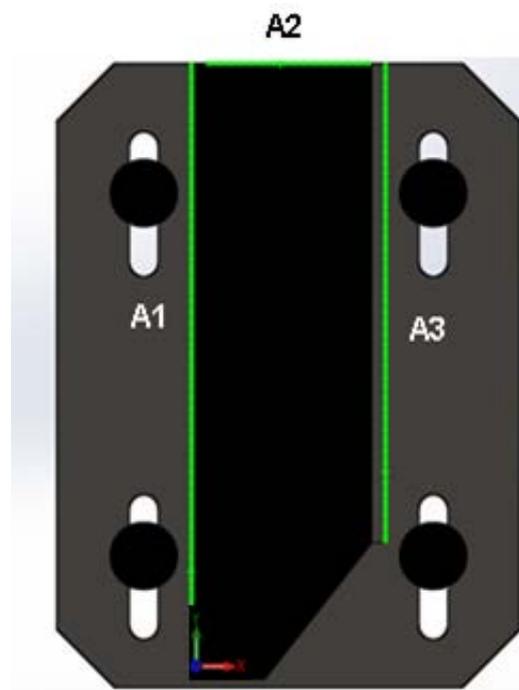
$$F_{motor} = 122.63 [N]$$

$$F_{base} = 1.98[kgf] = 19.42[N]$$

$$F_{total} = 122.63 + 19.42 [N]$$

$$F_{total} = 142.05 [N] \text{ (Resp. 3.47)}$$

Cálculo del centroide de la soldadura



**Figura 79. Esquema de Placa**

$$\bar{x} = \frac{A_{g1} * X1 + A_{g2} * X2 + A_{g3} * X3}{A_t}$$

Donde:

$$A_{g1} = 0.707 * h * l1 \quad X_1 = 0 [mm]$$

$$A_{g2} = 0.707 * h * l2 \quad X_2 = 33.5 [mm]$$

$$A_{g3} = 0.707 * h * l3 \quad X_3 = 67 [mm]$$

*h* altura de la garganta de soldadura [mm]

$$\bar{x} = \frac{0.707 * h * 212[mm] * 0 + 0.707 * h * 67[mm] * 33.5 + 0.707 * h * 165[mm] * 67[mm]}{0.707 * h * 165[mm] + 0.707 * h * 67[mm] + 0.707 * h * 212[mm]}$$

$$\bar{x} = 29.95 [mm] \quad (\text{Resp. 3.48})$$

$$\bar{y} = \frac{0.707 * h * 212[mm] * 106[mm] + 0.707 * h * 67[mm] * 212[mm] + 0.707 * h * 165[mm] * 129.5[mm]}{0.707 * h * 165[mm] + 0.707 * h * 67[mm] + 0.707 * h * 212[mm]}$$

$$\bar{y} = 130.73 [mm] \quad (\text{Resp. 3.49})$$

Esfuerzo cortante primario

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{142.05[N]}{0.314[m] * h}$$

$$\tau = \frac{452.39}{h} [Pa * m] \quad (\text{Resp. 3.50})$$

Esfuerzo cortante secundario

$$\tau' = \frac{M * C}{I}$$

Cálculo de la Inercia

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I_1 = I_g + A_1 * d_1^2$$

$$I_1 = \frac{l_1^3}{12} * 0.707 * h + 0.707 * h * l_1 * (130.73 - 106)^2$$

$$I_1 = 6.53 * 10^5 * h [mm^4] = 6.53 * 10^{-7} * h [m^4]$$

$$I_2 = I_g + A_2 * d_2^2$$

$$I_2 = \frac{l_2 * d}{16} * 0.707 * h + 0.707 * h * l_2 * (212 - 130.73)^2$$

$$I_2 = 3.13 * 10^5 * h [mm^4] = 3.13 * 10^{-7} * h [m^4]$$

$$I_3 = I_g + A_3 * d_3^2$$

$$I_3 = \frac{l^3}{12} * 0.707 * h + 0.707 * h * l^3 * (130.73 - 129.5)^2$$

$$I_3 = 2.65 * 10^5 * h [mm^4] = 2.65 * 10^{-7} * h [m^4]$$

$$I = 1.23 * 10^6 * h [mm^4] = 1.23 * 10^{-6} * h [m^4]$$

$$\tau' = \frac{M * C}{I} = \frac{V * d * \bar{x}}{I}$$

$$\tau' = \frac{142.05[N] * 0.157[m] * 0.02995[m]}{1.23 * 10^{-6} * h [m^4]}$$

$$\tau' = \frac{543041}{h} [Pa * m]$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + \tau'^2} [Pa * m]$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\frac{452.39^2}{h} + \frac{543041^2}{h}}$$

$$\tau_{max} = \frac{543041}{h} [Pa] \text{ (Resp. 3.51)}$$

TABLA 26

## PROPIEDADES MÍNIMAS DEL METAL DE APORTE

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

\*Sistema de numeración del código de especificaciones de la American Welding Society (AWS) para electrodos. En este sistema se usa como prefijo la letra E, en un sistema de numeración de cuatro o cinco dígitos en el cual los primeros dos o tres números designan la resistencia aproximada a la tensión. El último dígito incluye variables en la técnica de soldadura, como la fuente de corriente. El penúltimo dígito indica la posición de la soldadura, por ejemplo, plana, vertical o sobre la cabeza. El conjunto completo de especificaciones se puede obtener solicitándolo a la AWS.

Fuente: (Faires, 2008)

Para el cordón de soldadura realizado con Electrodo 6011

$$S_y = 345 \text{ [MPa]}$$

**TABLA 27**

**ESFUERZOS PERMISIBLES DEL CÓDIGO AISC PARA METAL DE APORTE**

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	n*
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_y$	

**Fuente: (Faires, 2008)**

Factor de corrección para Esfuerzo cortante 0.30

$$S_{ssy} = 0.30 * S_y \text{ [MPa]}$$

$$S_{ssy} = 0.30 * 345 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ssy} = 103.5 \text{ [MPa]}$$

Ahora se calcula el valor de la garganta de soldadura para un factor de seguridad de dos así:

$$n = \frac{S_{ssy}}{\tau_{max}}$$

$$2 = \frac{103.5 * 10^6}{\frac{543041}{h}}$$

Despejando h

$$h = 1.05 * 10^{-2} \text{ [m]} \quad (\text{Resp. 3.52})$$

Por lo tanto:

**Consumible a utilizar: E6011**

**Proceso: SMAW**

## **CAPÍTULO 4**

### **DISEÑO DE LA INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL MECATRÓNICA, ELÉCTRICA Y DE CONTROL PARA EL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD DE LA MUNICIÓN 9 mm**

#### **4.1 FUNDAMENTOS DE AUTOMATIZACIÓN DE MAQUINARIA.**

##### **4.1.1 MANDO Y CONTROL**

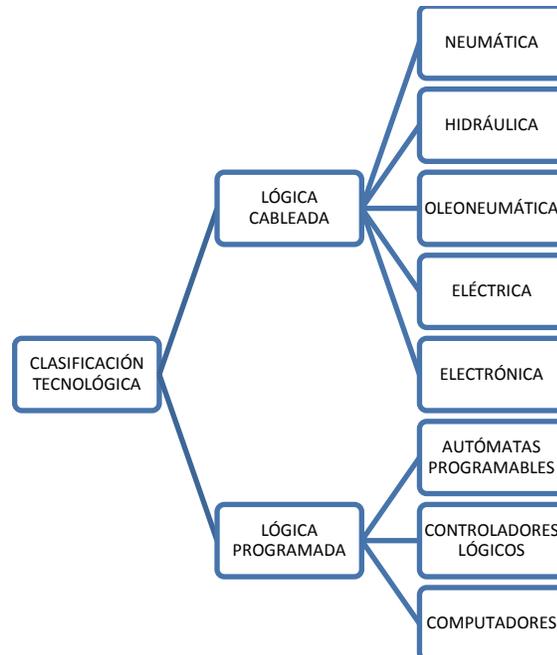
Es el dispositivo encargado de realizar el control coordinado de las distintas operaciones encaminadas a mantener la parte operativa bajo un funcionamiento preestablecido en las especificaciones de diseño, con un mayor grado de especialidad.

Las funciones más comunes de la parte de control son:

- Gestión de las entradas
- Tratamiento de funciones de seguridad
- Tratamiento secuencial
- Gestión de herramientas
- Control de calidad
- Gestión de mantenimiento
- Operaciones de supervisión: monitorización y diagnóstico de fallos
- Seguimiento de la producción

##### **4.1.2 CLASIFICACIÓN TECNOLÓGICA**

El desarrollo de los controladores, su complejidad y eficacia, ha ido asociado al desarrollo tecnológico experimentando a lo largo de los tiempos. Básicamente se puede establecer la clasificación mostrada en el cuadro siguiente.



**Figura 80. Clasificación Tecnológica**

#### 4.1.2.1 LÓGICA CABLEADA

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las agrupaciones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés electromagnéticos, interruptores, pulsadores, etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores.

En el caso de la tecnología fluídica, su implementación viene siendo efectuada por tuberías de acero, cobre, pvc, etc. Junto con elementos tales como válvulas, distribuidores, presostatos, mano reductores etc.

La tecnología neumática ha sido, y es aún frecuentemente utilizada, en los automatismos industriales, aunque va quedando delegada los accionamientos de cierta potencia con algoritmos de control relativamente simples y también para aplicaciones de carácter especial (para ambientes explosivos), a pesar de esto la lógica programada presenta los siguientes inconvenientes:

- Imposibilidad de relación de funciones complejas de control
- Gran volumen y peso

- Escasa flexibilidad frente a modificaciones
- Reparaciones costosas

No obstante muy a menudo se suelen articular soluciones mediante implementaciones mixtas aprovechando las mejores características de ambas tecnologías, la neumática y la de la lógica programada mediante autómatas programables industriales conectadas mediante dispositivos de interfaz.

#### **4.1.2.2 LÓGICA PROGRAMADA**

Se trata de una tecnología desarrollada a partir de la aparición del microprocesador y de los sistemas programables basados en computadoras, controladores lógicos y autómatas programables, debido a los altos niveles de integración alcanzados en el microelectrónica, el umbral de rentabilidad de esta tecnología crece con:

- Gran flexibilidad
- Posibilidad de cálculo científico
- Implementación de algoritmos complejos de control de procesos
- Comunicaciones y gestión.

Como inconvenientes a corto y mediano plazo, presenta la necesidad de formación en las empresas de personal adecuado para su programación y asistencia, al tratarse de verdaderas herramientas informáticas, también su relativa vulnerabilidad frente a las agresivas condiciones del medio industrial, si bien con el transcurso del tiempo el nivel de fiabilidad y disponibilidad de estos sistemas se ha mejorado notablemente.

## **4.2 SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL**

La visión artificial o la visión robótica es la adquisición automática de imágenes sin la necesidad de la presencia del ser humano para la realización del trabajo autónomo, es decir, su análisis es automático con el fin de extraer la información necesaria para controlar un proceso o una actividad como:

- Control de calidad de un producto a través de la detección de defectos y fallos en materia prima, producto final o envases.

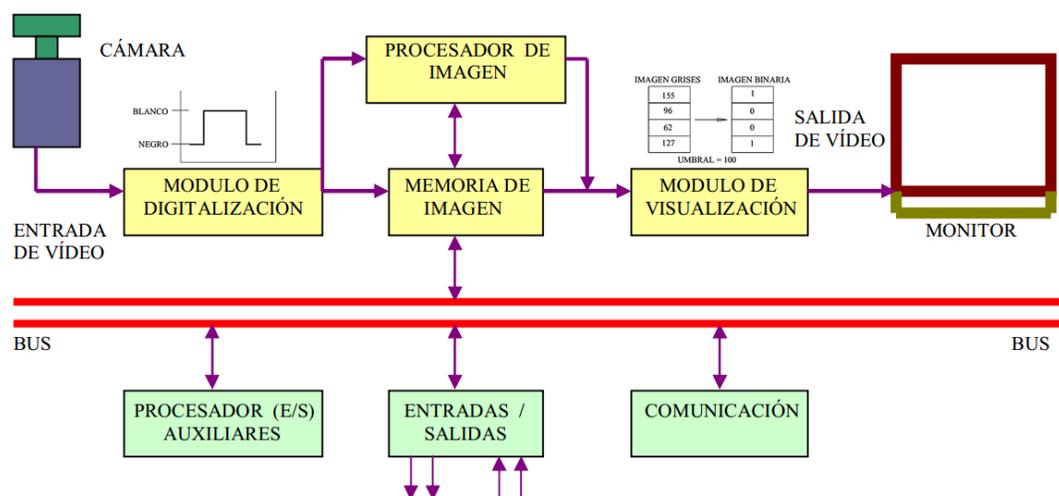
- Automatizar procesos de clasificación en base a la forma, tamaño o color en materias primas muy variables.
- Test, calibración y automatización de procesos de producción para ajustar las condiciones de proceso en base a variables medidas mediante análisis de imagen.
- Extracción de coordenadas para su posterior manipulación mediante robots para un correcto envasado y proceso consecuente.
- Detección y monitoreo de procesos o materias extrañas dentro de una línea de trabajo.



**Figura 81. Procesamiento de Imagen con Visión Artificial Y Visión Humana**

**Fuente:** (Aeratp, 2015)]

La visión artificial es programada a través de un computador para que "entienda" una escena o las características de una imagen. Ésta imagen digital se compone de una matriz rectangular (o cuadrada) de píxeles que representan una serie de valores de intensidad ordenados en un sistema de coordenadas (x, y). Su procesamiento digital permite una modificación reversible prácticamente libre de ruido en forma de una matriz de enteros, en vez de las clásicas manipulaciones en el cuarto oscuro o filtración de voltajes dependientes del tiempo necesarios para las imágenes analógicas y señales de video. Se puede implementar muchas otras aplicaciones utilizando herramientas tradicionales, pero la Visión Artificial hace que esas tareas sean mucho más fáciles.



**Figura 82. Procesamiento Diagrama de Bloques del procesamiento digital de una imagen**

Fuente: (Etitudela, 2015)

#### 4.2.1 FUNDAMENTOS DE VISIÓN ARTIFICIAL.

Dentro de la industria hoy en día se está buscando nuevas incursiones para sus procesos, y uno de estos es a través del análisis de imágenes de video, las mismas que observan varias necesidades para su aplicación.

Una de estas aplicaciones es la utilización de la fotografía para analizar objetos estáticos o en movimiento.

El proceso de la visión artificial incluye la detección, segmentación, localización, reconocimiento de ciertos objetos en imágenes, la evaluación de los resultados, los registros de diferentes imágenes de una misma escena o entidad que permite realizar el seguimiento de un objeto a través de una secuencia de imágenes o por medio del mapeo de una escena, para generar un modelo tridimensional de la escena y finalmente la búsqueda de imágenes digitales por su contenido. Todos estos procedimientos se consiguen por medio del reconocimiento de patrones, aprendizaje estadístico, geometría de proyección, procesamiento de imágenes, teoría de gráficos y otros campos.

Los componentes básicos de un sistema de visión artificial son:

#### **4.2.1.1 FUENTE DE LUZ:**

Es un aspecto de vital importancia ya que debe proporcionar unas condiciones de iluminación uniformes e independientes del entorno, facilitando además, si es posible, la extracción de los rasgos de interés para una determinada aplicación.

#### **4.2.1.2 SENSOR DE IMAGEN:**

Es el encargado de recoger las características del objeto bajo estudio.

#### **4.2.1.3 TARJETA DE CAPTURA O ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:**

Es la interfaz entre el sensor y la computadora o módulo de proceso que permite al mismo disponer de la información capturada por el sensor de imagen.

#### **4.2.1.4 ALGORITMOS DE ANÁLISIS DE IMAGEN:**

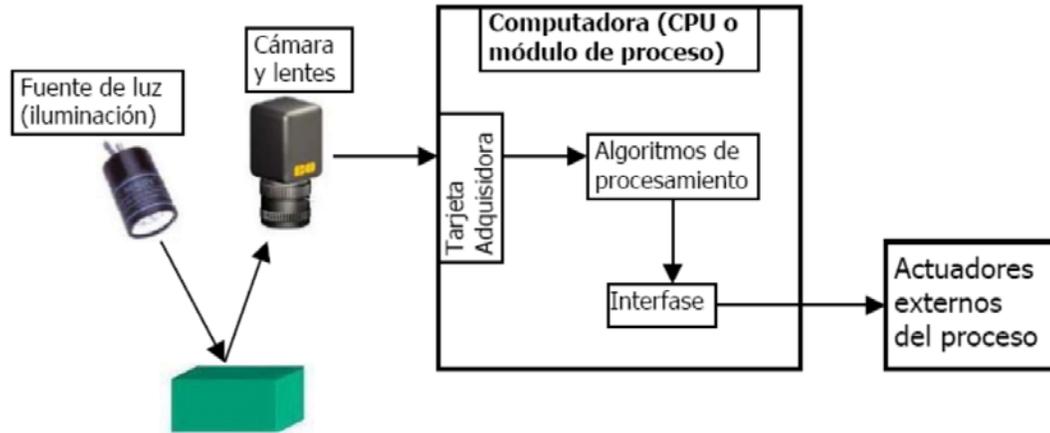
Es la parte inteligente del sistema. Su misión consiste en aplicar las transformaciones necesarias y extracciones de información de las imágenes capturadas, con el fin de obtener los resultados para los que haya sido diseñado.

#### **4.2.1.5 COMPUTADORA O MÓDULO DE PROCESO:**

Es el sistema que analiza las imágenes recibidas por el sensor para extraer la información de interés en cada uno de los casos implementando y ejecutando los algoritmos diseñados para la obtención de los objetivos.

#### **4.2.1.6 SISTEMA DE RESPUESTA EN TIEMPO REAL:**

Con la información extraída, los sistemas de visión artificial pueden tomar decisiones que afecten al sistema productivo con el fin de mejorar la calidad global de producción.

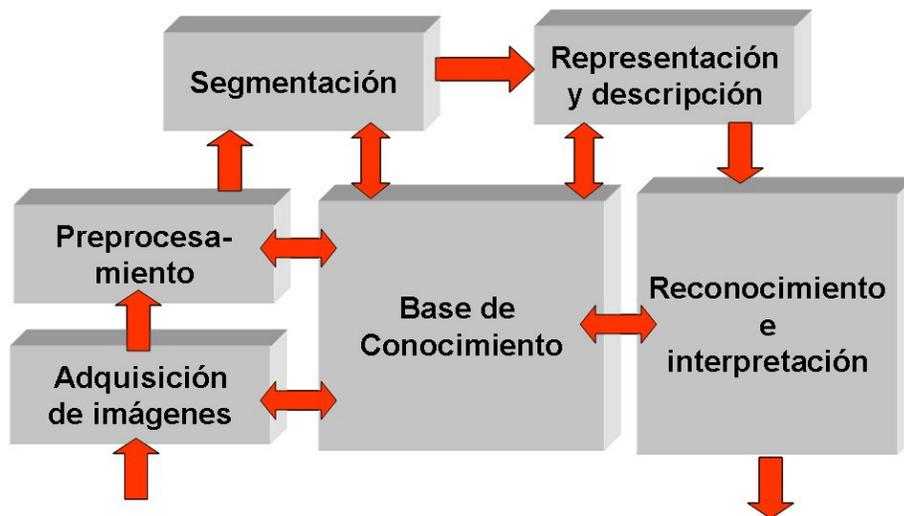


**Figura 83. Elementos de un sistema de visión artificial.**

(Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)

#### 4.2.2 PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES.

El procesamiento digital de imágenes es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información como se puede observar en la siguiente figura



**Figura 84. Etapas de aplicación de Visión Artificial.**

**Fuente:** (Visión Artificial e interacción sin mandos, 2010)

#### **4.2.2.1 ADQUISICIÓN DE IMÁGENES:**

Consiste en el censado y es el proceso que nos permite la obtención de la imagen visual.

#### **4.2.2.2 PROCESAMIENTO:**

Consiste en aplicar técnicas de reducción de ruido para mejorar los detalles en la imagen adquirida.

#### **4.2.2.3 SEGMENTACIÓN:**

Consiste en particionar la imagen en objetos de interés.

#### **4.2.2.4 EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS:**

Consiste en el cálculo de las características útiles que permite diferenciar un objeto de otro.

#### **4.2.2.5 RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACIÓN:**

Consiste en identificar el o los objetos de interés.

#### **4.2.2.6 INTERPRETACIÓN DE LA ESCENA:**

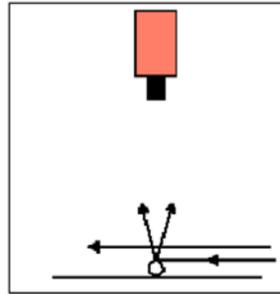
Una vez reconocidos los objetos se establece un significado, desarrollando así una aplicación.

### **4.2.3 TIPO DE ILUMINACIÓN**

#### **4.2.3.1 ILUMINACIÓN FRONTAL**

Es donde la luz incide directamente sobre el objeto, ya sea verticalmente, horizontalmente, de forma oblicua o de forma directa; permite distinguir detalles de los objetos.

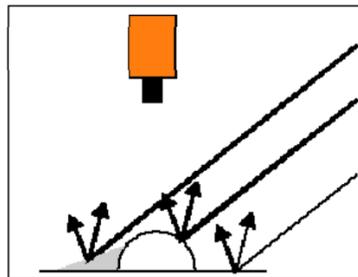
La dirección de la iluminación, conocida como el ángulo de incidencia, es el ángulo formado por el plano normal a la superficie y el rayo incidente. Cuando los haces de luz forman un ángulo de 20 grados con la superficie, se puede maximizar el contraste en objetos con relieves de manera que los bordes aparezcan brillantes frente al fondo oscuro que forman las superficies planas del objeto.



**Figura 85. Iluminación frontal oblicua.**

**Fuente:** (Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)

En la iluminación frontal direccional el ángulo entre los rayos incidentes y la superficie son de 30°, lo que reduce un poco el contraste pero incrementa la cantidad de información obtenible de las superficies planas.



**Figura 86. Iluminación en frontal direccional.**

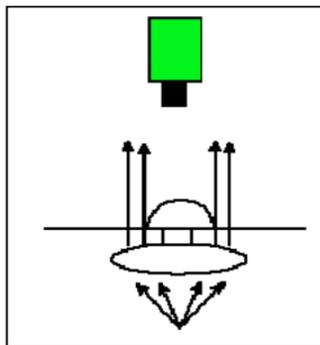
**Fuente:** (Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)

#### 4.2.3.2 ILUMINACIÓN TRASERA O RETROILUMINACIÓN

Es donde se ilumina una pantalla de forma que lo que se busca es el contorno del objeto a modo de sombra chinesca. El objeto puede estar delante o detrás de la pantalla;

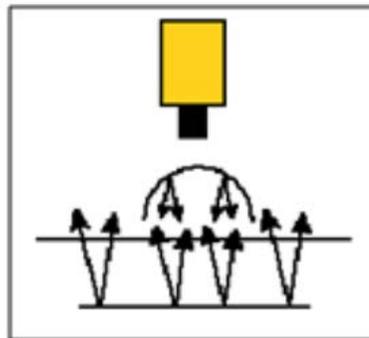
sirve para detección de contornos. Esta técnica brinda un contraste muy alto y es fácil de implementar. En las imágenes tomadas bajo esta técnica, el fondo aparece uniformemente blanco y el objeto se visualiza mediante su silueta.

Existen distintas técnicas de iluminación. La iluminación de una sola fuente llamada también directa o posterior direccional donde un colimador hace que todos los rayos de luz se propaguen en direcciones paralelas y la iluminación desde múltiples direcciones llamada también difusa donde los rayos de luz se transmiten en diversos ángulos.



**Figura 87. Iluminación posterior paralela.**

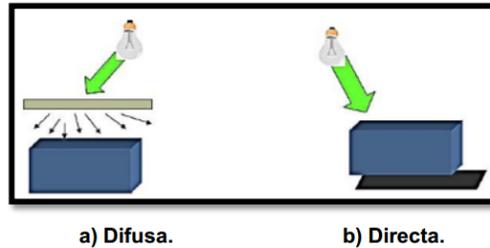
**Fuente:** (Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)



**Figura 88. Iluminación posterior difusa.**

**Fuente:** (Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)

Esta última es la más recomendada ya que elimina sombras al contrario de la iluminación directa que las produce.



**Figura 89. Técnicas de iluminación.**

**Fuente:** (Sistemas de Visión Artificial, 2007 - 2013)

## 4.2.4 CÁMARAS

Las cámaras son equipos de adquisición de imagen que se utilizan como elemento fundamental, pues permite adquirir la imagen que queremos analizar por tal motivo se requiere la comprensión de los diferentes parámetros que influyen en la selección de las mismas.

Se recomienda usar cámaras digitales debido a que estas ofrecen más ventajas con respecto a las cámaras análogas, es decir, una imagen tomada con una cámara análoga posee más ruido o elementos no deseados que una imagen tomada con una cámara digital. Las cámaras digitales poseen alta resolución, por lo que generalmente son usadas en aplicaciones de controles de calidad, médicos, astronómicos, térmicos, entre otras

Las cámaras digitales tienen sensores que convierten la luz en cargas eléctricas. Cada una de estas cargas eléctricas representa un pixel y se encuentran ordenadas en forma matricial para crear una imagen. El sensor de imagen utilizado en muchas de estas cámaras es de tipo CCD (Charge Coupled Device). Otras cámaras utilizan sensores de tipo CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor). En general los sensores CCD tienen mayor sensibilidad a la luz, más calidad y también precio más alto, en tanto que los de tipo CMOS son menos sensibles y de menor calidad, pero al ser fácil de fabricar son más baratos.

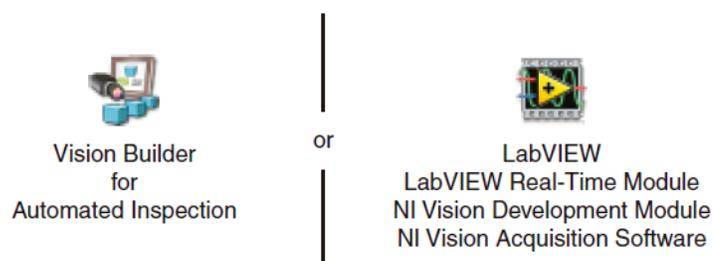
### 4.2.4.1 SELECCIÓN DE CÁMARA.

En la actualidad, la verificación de las fallas físicas de la munición 9 mm es realizada por operadores que se encargan visualmente de identificar las fallas de este proceso, este proceso no es muy eficiente pues existe varios factores que afectan a la calidad del producto, entre ellos tenemos cansancio visual, ergonomía, estrés, cotidianidad, fatiga, entre otros; por lo que una solución para el control de calidad de las municiones es el uso de CÁMARAS INTELIGENTES (SCNIs), en el cual el inspector de municiones sería un sistema que verifica, controla, califica de manera optimizada la calidad del producto, a través de una computadora con un software especial y una cámara, dado que el trabajo se realizaría de forma sincronizada entre los elementos que conforman la máquina de inspección visual y el procesamiento de imágenes de manera automatizada. Esta innovación permitirá el ahorro de tiempo, jornadas más extendidos de acuerdo a la necesidad, optimización de control de calidad, mejorando la eficiencia, precisión, exactitud y confiabilidad del producto, dando como resultado un optimo producto final.

Dicha solución está basada en una herramienta de programación grafica llamada LabVIEW en el cual se genera el algoritmo de comparación de imágenes como núcleo del proyecto y el software de procesamiento de imágenes llamado Vision Assistant en el cual se genera el modelo de imágenes patrón, estas herramientas interactúan directamente con las SCNIs que se encarga de adquirir imágenes almacenándolas en una base de datos para luego ser procesadas por el software creado.

#### 4.2.4.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SOFTWARE

National Instruments ofrece dos opciones para el desarrollo de aplicaciones para la SCNI.



**Figura 90. Aplicaciones para el desarrollo de las SCNI 1774C**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

- **Vision builder AI**

Es un software interactivo de configuración basada en menús para el desarrollo, evaluación comparativa, y despliegue de aplicaciones de visión artificial. Con Vision Builder AI, puede realizar poderosas tareas de inspección visual y tomar decisiones basadas en los resultados de las tareas individuales. También puede migrar su inspección a LabVIEW para ampliar las capacidades de su aplicación, si es necesario.

- **Labview**

Este es el entorno de programación gráfica que usaremos pues permite un desarrollo de aplicaciones flexibles y escalables con una amplia capacidad de aplicaciones. Se requieren los siguientes módulos complementarios para el desarrollo de aplicaciones de visión artificial:

- **Módulo de programación labview Real-Time:**

Para el desarrollo de distribuido y de aplicaciones determinadas.

- **Módulo de programación de Desarrollo NI Vision:**

Para el desarrollo de la visión artificial y aplicaciones de imágenes científicas.

- **Software de Adquisición de NI Vision:**

Incluye Measurement & Automation Explorer (MAX), la herramienta de configuración de National Instruments, el software controlador NI-IMAQdx para la adquisición de imágenes y el control de E/S de la SCNI 1774C y el controlador NI-IMAQ para la adquisición de imágenes y el control de E/S con la SCNI 1742.

- **Instalación de software**

Se tiene que instalar en el siguiente orden:

- LabVIEW
- Módulo LabVIEW Real-Time
- NI-IMAQdx y NI-IMAQ
- Módulo de Desarrollo NI Vision

La documentación de instrucciones de instalación, requerimientos del sistema, funcionamiento y actualizaciones está disponible seleccionando: Inicio »Todos los programas» National Instruments.

- **Configurar la dirección ip**

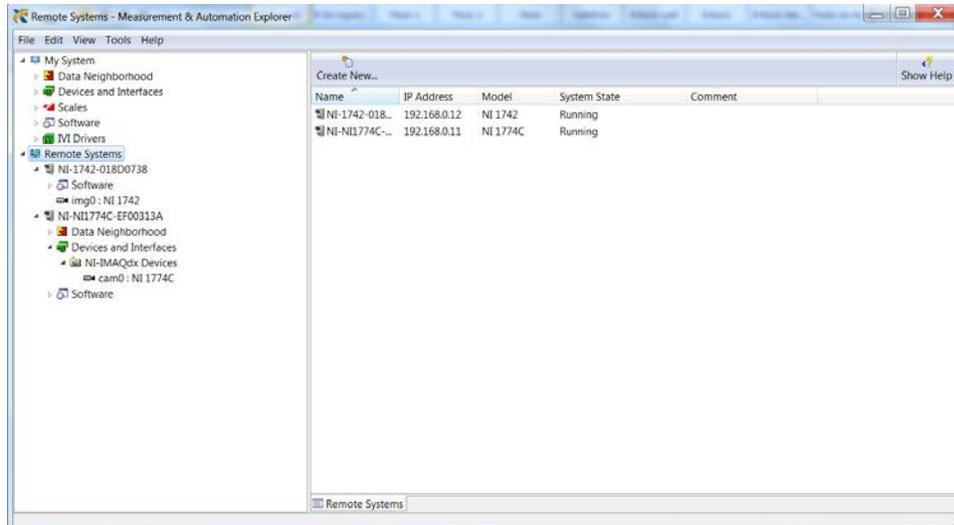
Complete los siguientes pasos para configurar los ajustes de dirección IP para las SCNIs en MAX:

- Inicie MAX haciendo doble clic en el icono de Measurement & Automation en el escritorio o seleccionando Inicio »Todos los programas» Measurement & Automation.



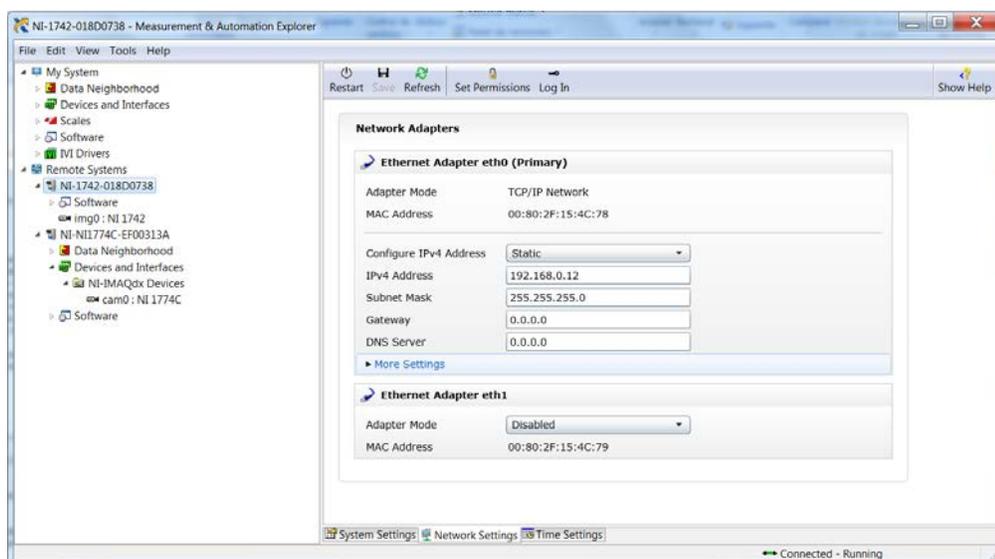
**Figura 91. Inicio del Programa NI MAX**

- Ampliar la rama del árbol Remote Systems de configuración y seleccione el dispositivo que desea configurar. Para identificar de forma exclusiva múltiples dispositivos sin configurar, conectar y configurar un dispositivo a la vez. Si las SCNIs no aparece en la lista de objetivos, comprobar que el dispositivo está encendido y está conectado a un puerto Ethernet a la misma subred que el ED.



**Figura 92. Configuración y selección del dispositivo que desea configurar**

- En el campo Nombre, introduzca un nombre para el dispositivo. Los primeros y últimos caracteres deben ser alfanuméricos.
- Verifique la configuración de la dirección IP.
- Si la red está configurada para emitir direcciones IP mediante DHCP, seleccione Obtener la dirección IP del servidor DHCP.
- De lo contrario, configure la dirección IP manualmente. Seleccione Editar la configuración IP, haga clic en sugerir los valores y haga clic en Aceptar



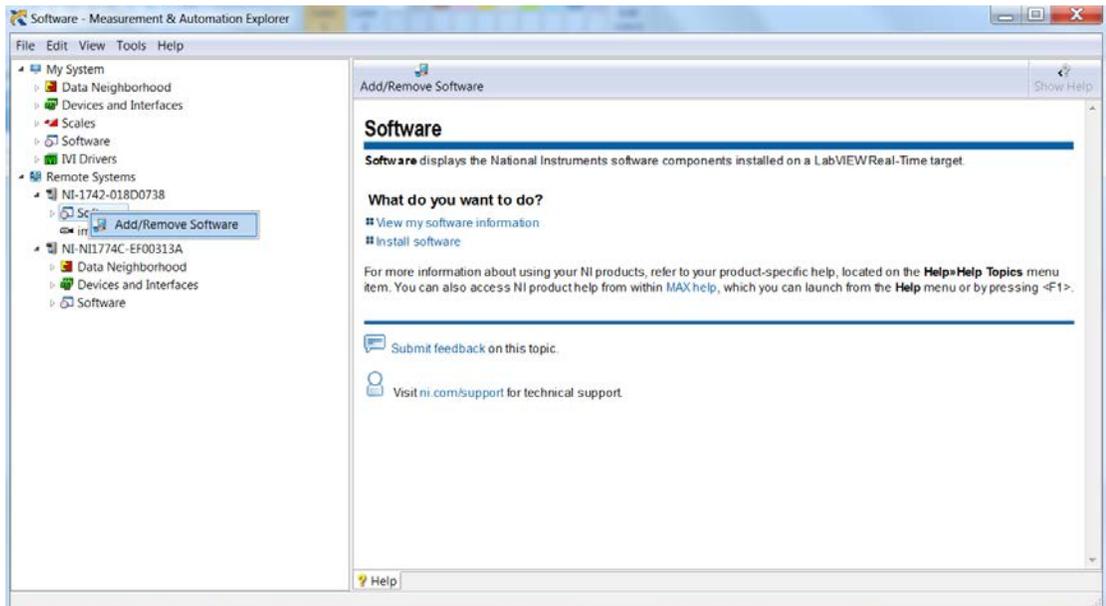
**Figura 93. Introducción de dirección IP estática**

- Cuando se le solicite, haga clic en Sí para reiniciar la SCNI. El proceso de inicialización puede tardar varios minutos.

- **Instalación del software en la SCNI**

Complete los siguientes pasos para instalar el software del ED a las SCNI.

- En la rama del árbol de Remote Systems en el MAX, expanda la carpeta de su dispositivo y seleccione Software.
- Haga clic en Agregar / Quitar Software en la barra de herramientas MAX para iniciar el Asistente de Software LabVIEW Real-Time.



**Figura 94. Asistente de Software LabVIEW Real-Time**

- Seleccione NI Vision RT, NI-IMAQdx RT para la SCNI 1774C y NI-IMAQ RT para la SCNI 1742. El asistente de software seleccionará automáticamente cualquier otro software necesario.

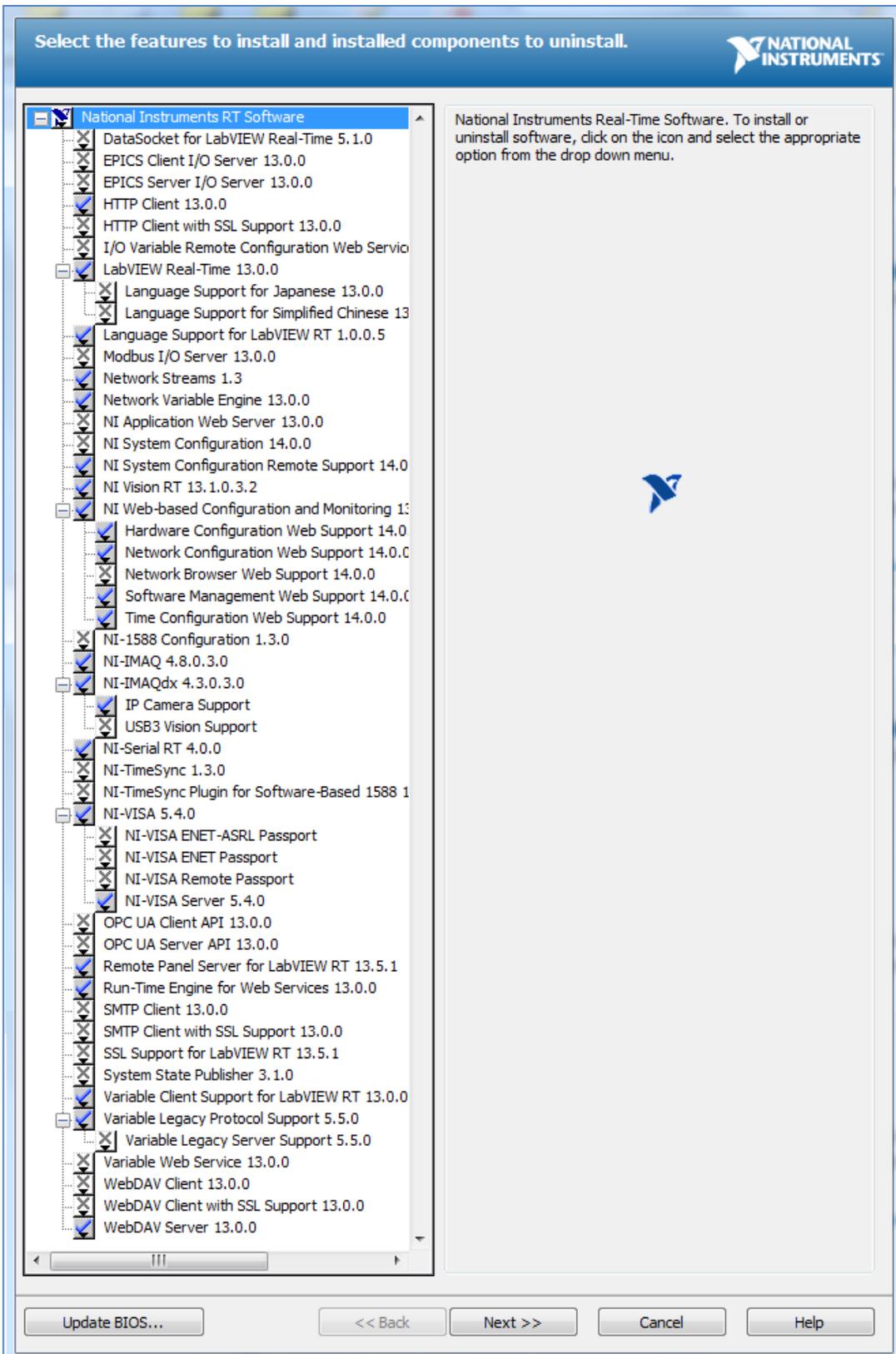


Figura 95. Instalación de software en las SCNI 1742

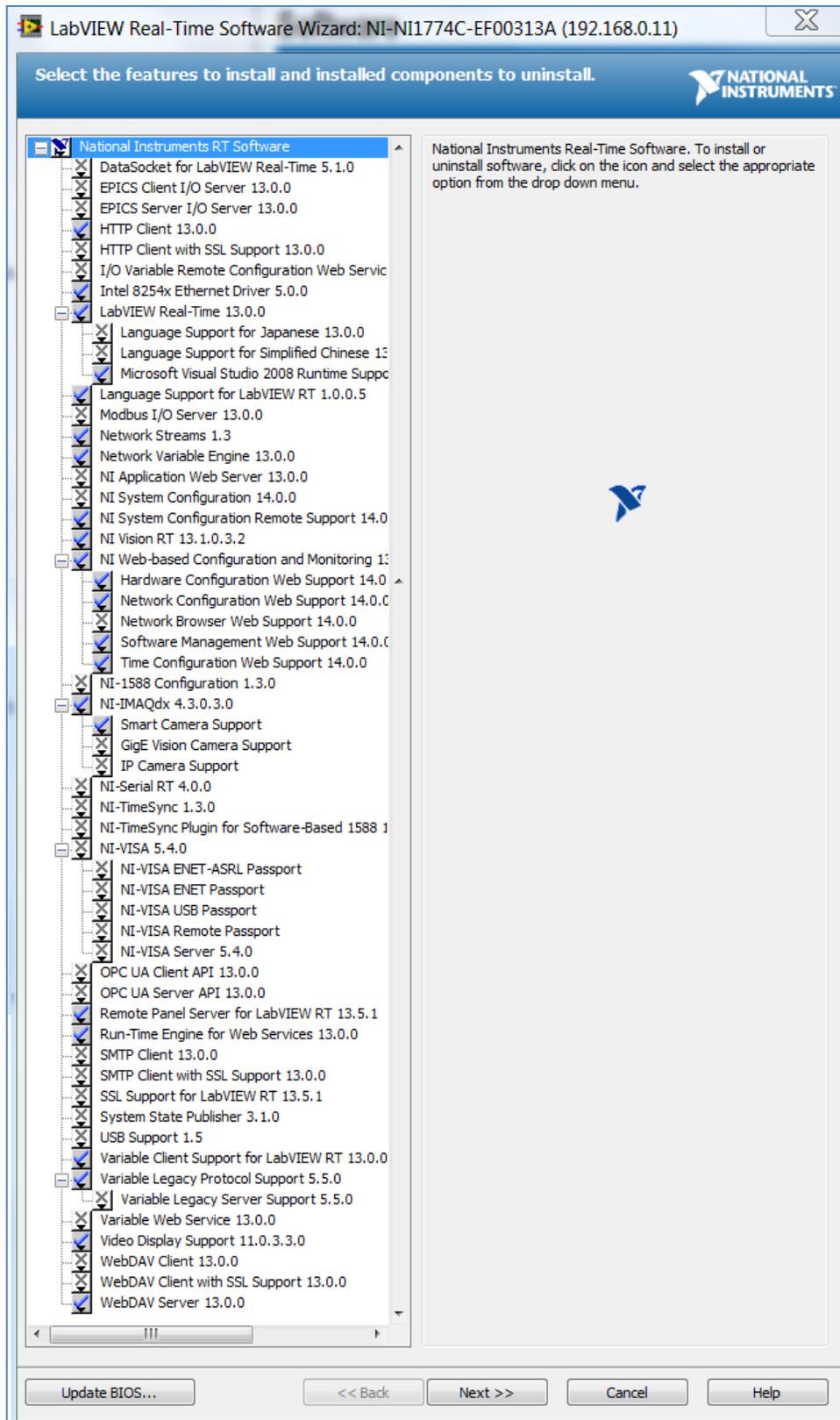


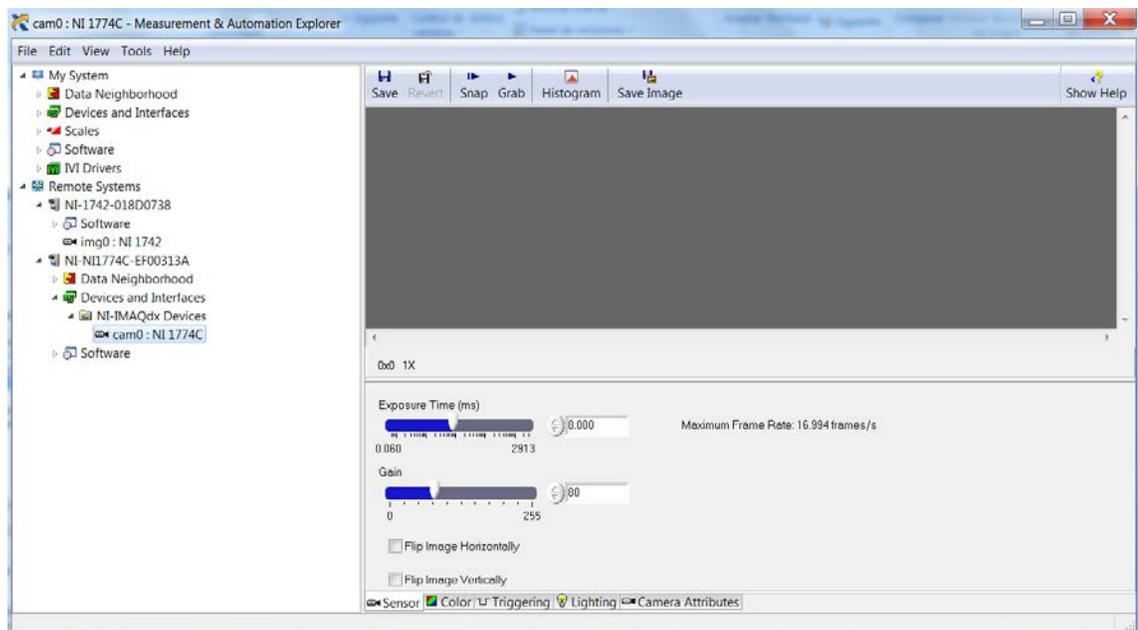
Figura 96. Instalación de software en las SCNI 1774C

- Haga clic en Siguiente.
- Verifique las opciones de instalación de software y haga clic en Siguiente.
- Cuando la instalación se haya completado, haga clic en Finalizar.

- **Adquirir una imagen**

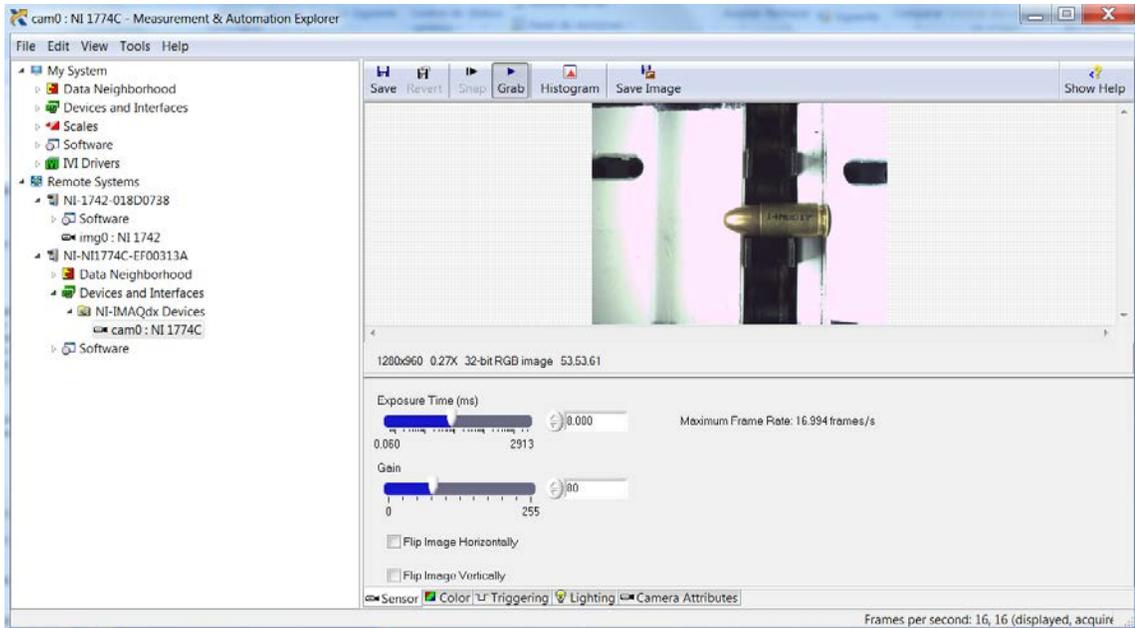
Complete los siguientes pasos para adquirir una imagen con MAX:

- En la rama del árbol de Remote Systems en el MAX, expanda la carpeta de el dispositivo.
- Haga clic cam0: NI 1774C. ó en img0: NI 1742



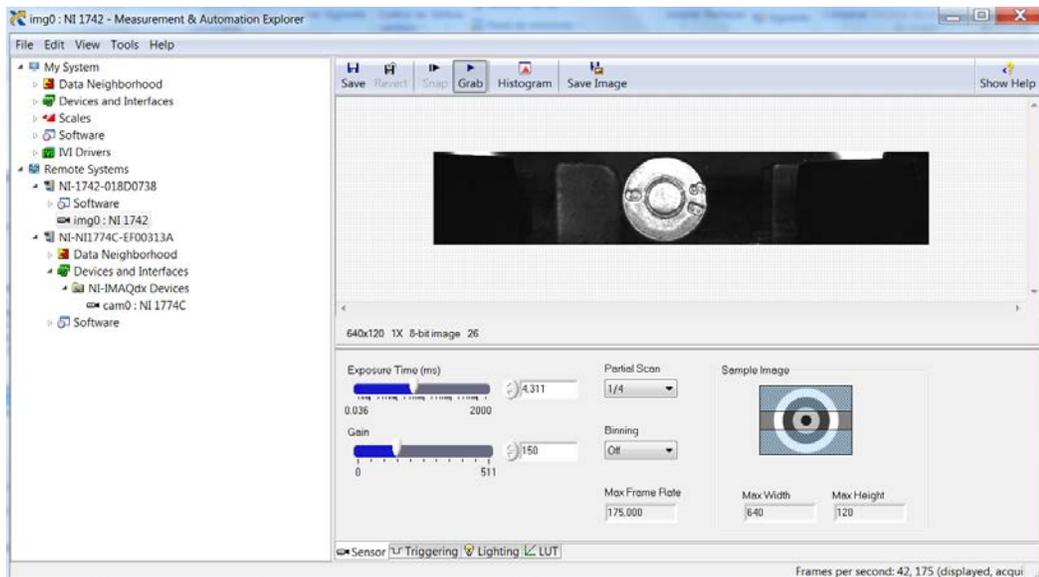
**Figura 97. Propiedades de cam0: NI 1774C**

- Haga clic en Ajustar a adquirir una sola imagen, o haga clic en Grab para adquirir imágenes continuas. Haga clic en Grab nuevo para detener una adquisición continua.



**Figura 98. Configuración de modo de Adquisición de Imagen SCNI 1774C**

- Para la SCNI 1774C se puede configurar la adquisición a través de las pestañas de sensor, color, el triggering, la iluminación y los atributos de cámara.



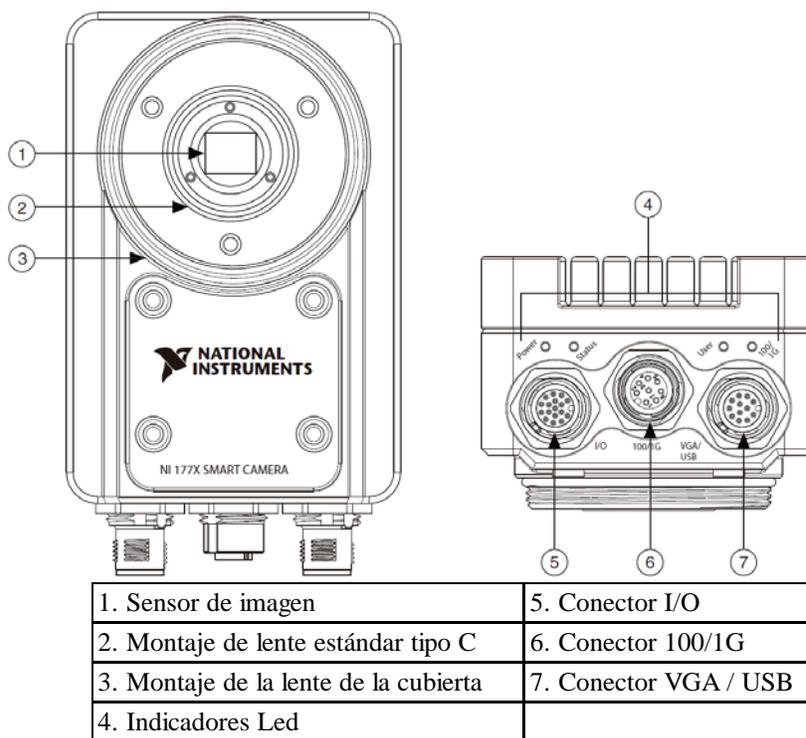
**Figura 99. Configuración de modo de Adquisición de Imagen SCNI 1742**

- Para la SCNI 1742 se puede configurar la adquisición a través de las pestañas de sensor, el triggering, la iluminación y el LUT.

- Las SCNIs una vez configuradas, estarán listas para la adquisición y procesado de imágenes a través de la creación de una aplicación en LabVIEW.

#### 4.2.4.3 SCNI COLOR 1774C

En este tema se ofrece una visión general de las características y componentes de la SCNI 1774C.



**Figura 100. SCNI 1774C**

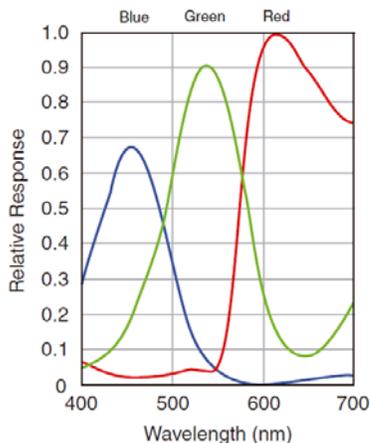
(NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

- **Procesador:**

La SCNI 1774C tiene incorporado un procesador Intel® Atom™ Z530 (1.60 GHz), DDR2 RAM: 512 MB, almacenamiento 2GB de estado sólido con protección IP67.

- **Sensor de imagen**

La SCNI 1774C utilizar un sensor CCD de escaneo progresiva. En la siguiente tabla se describen las características del sensor para cada cámara.



**Figura 101. Curva de respuesta del sensor espectral SXGA de la SCNI 1774C**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

**TABLA 28**

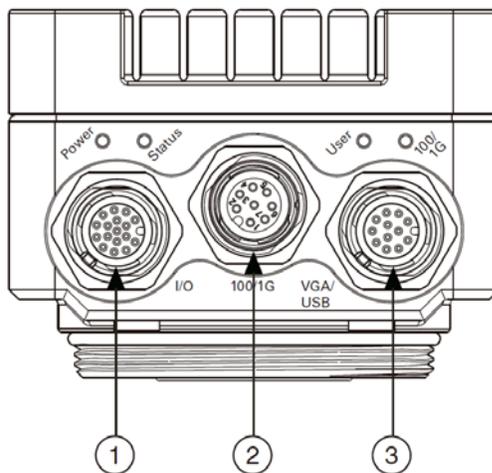
**SENSOR DE LA SCNI 1774C**

Modelo de la cámara	Sensor	Formato óptico (in.)	Active Pixels	Tamaño de píxel (µm)	Frame Rate útil máxima (fps)	Tiempo (µs) de exposición mínimo	Soporte de Color
NI 1774C	Sony ICX445AQ	1/3	1,280 x 960 (SXGA)	3,75 x 3,75	17	58	Si

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

- **Conectores**

En este temase proveerá de información acerca de los conectores, número de pines y nombres de señales.



**Figura 102. Conectores de SCNI 1774C**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

La siguiente tabla muestra los conectores que se encuentran en la SCNI 1774C

**TABLA 29.**

**DESCRIPCIÓN DE CONECTORES DE LA SCNI 1774C**

Ítem	Nombre conector	Tipo de conector	Descripción
1	Conector I/O	17 pines macho M12	Alimentación y conexión de entradas y salidas
2	Conector 100 / 1G	8 pines hembra M12	Conexión Ethernet de 10/100/1000 Mb/s
3	Conector VGA/USB	12 pines macho M12	Conexión analógica de video y USB

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

La siguiente tabla muestra los pines por numero, nombre de señales y las descripciones de señales para el conector de E/S:

**TABLA 30**

**CONECTOR DE SEÑALES E/S**

Número de Pin	Nombre de la señal	Función
1	RxD_RS232	RS-232 de recepción.
2	OUT3	Señal de salida de colector abierto 3.
3	OUT1	Señal de salida de colector abierto 1.
4	SAFE_MODE	Inicializa la cámara en modo seguro. El modo seguro está habilitado cuando está conectado a tierra la señal.
5	IN2+	Señal de entrada auxiliar opto acoplada 2, positivo.
6	IN1+	Señal de entrada auxiliar opto acoplada 1, positivo.
7	TRIG_IN+	Señal de entrada auxiliar de disparo, positivo.
8	PWR	Suministra energía a la cámara. Utilice la SCNI 1774C sólo con un una fuente de 12 W, 24 V CC +/- 10%, fuente de alimentación de suministro limitada.
9	PWR	
10	TxD_RS232	RS-232 de transmisión.
11	OUT2	Señal de salida colector abierto 2.
12	OUT0	Señal de salida colector abierto 0.
13	IN3+	Señal de entrada auxiliar opto acoplada 3, positivo.
14	IN0+	Señal de entrada auxiliar opto acoplada 0, positivo.
15	TRIG_IN-	Señal de entrada auxiliar de disparo, negativo.
16	GND	Tierra del suministro de energía.
17	LED_DRV	Salida de corriente controlada, diseñada para ser conectado a un dispositivo de iluminación LED.

El componente negativo de las señales de entrada está conectado internamente a la tierra de suministro de energía.

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

• **Dispositivo de iluminación**

La SCNI 1774C tiene un dispositivos de iluminación que se conectar directamente a la SCNI 1774C, conectando la señal LED\_DRV al terminal positivo del dispositivo de iluminación y conectar la tierra de la SCNI 1774C y el dispositivo de iluminación a una tierra común.



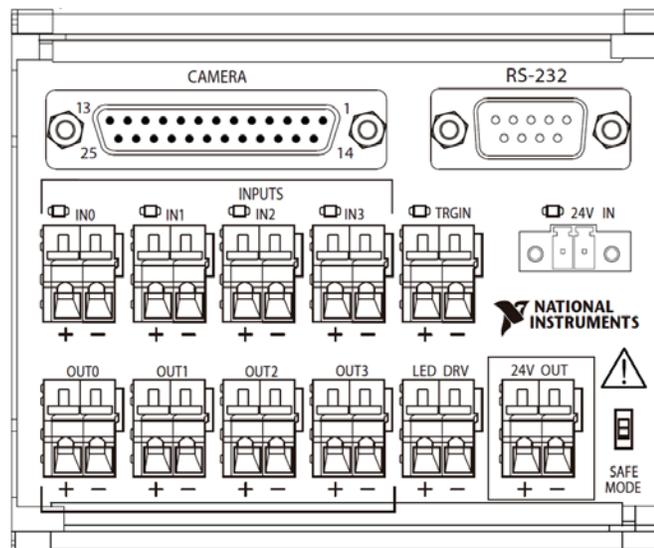
**Figura 103. Luz de RL127-WHIIC para SCNI 1774C**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

Las fuentes de salida de corriente para un dispositivo de iluminación Led se puede controlar mediante la especificación de un valor entre 0 y 500 mA, en 256 pasos introduciendo los datos manualmente en el MAX, los cuales deben estar configurados antes de utilizarlos en LabVIEW.

- **Bloque de terminales**

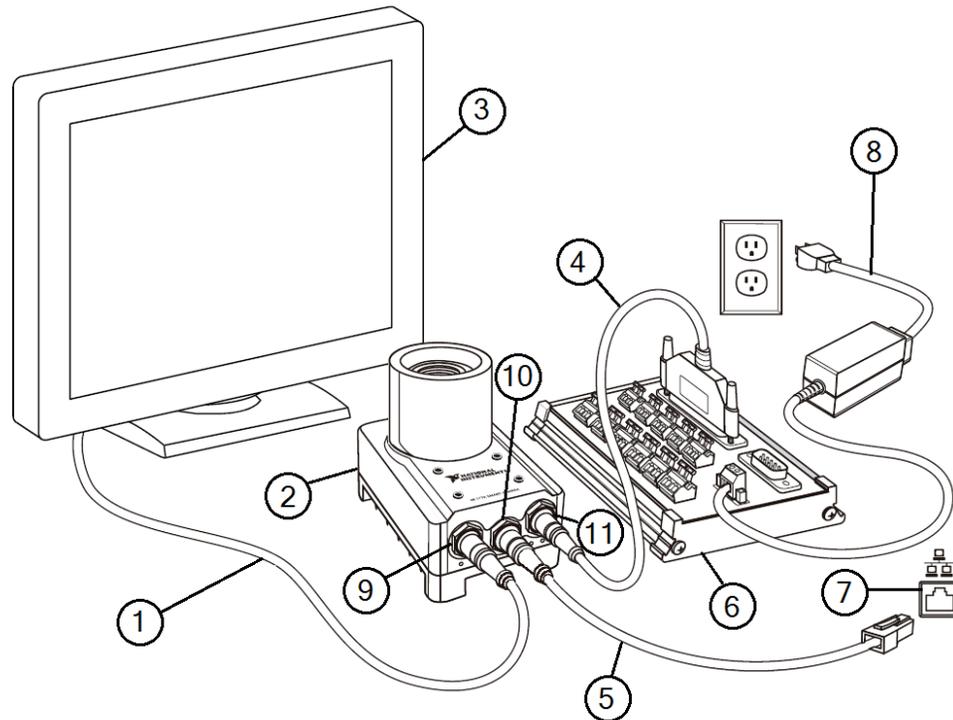
National Instruments ofrece un accesorio de conexión por cable llamado bloque terminal el cual simplifica la configuración de conexión tanto de la fuente de poder como de las señales de E/S de la SCNI 1774C.



**Figura 104. Bloque de Terminales**  
(NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

## ▪ Proceso de conexión de la SCNI 1774c al bloque de terminales

Complete los siguientes pasos para realizar una correcta conexión entre la SCNI 1774C y el bloque de terminales:



1. Cable M12 a VGA/USB	7. ED
2. SCNI 1774C	8. Fuente de poder
3. Monitor	9. Conector VGA/USB
4. Cable de E/S Tipo M12 a DSUB	10. Conector Ethernet
5. Cable Ethernet Tipo M12 a RJ45	11. Conector de I/O
6. Bloque de Terminales	

**Figura 105. Conexión de alimentación y de E/S de la SCNI 1774C a través del bloque de terminales.**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

- Conecte y asegure el terminal M12 del cable de E/S al conector de E/S de la SCNI 1774C.

- Conecte y asegure el terminal D-SUB del cable de E/S al conector D-SUB en el bloque terminales.
- Conecte la salida de la fuente de alimentación de 24 V al conector del bloque de terminales.
- Conecte cualquier señal de E/S adicionales necesarias para su aplicación en el conector apropiado del bloque terminales.
- Conecte la fuente de alimentación en un tomacorriente.
- Se encenderá la SCNI 1774C, los indicadores Led Power y de Status parpadean en rojo una vez, mientras el sistema interno es encendido.
- El Led Power cambia a color verde si la alimentación está conectada correctamente permitiendo posterior uso de la SCNI.

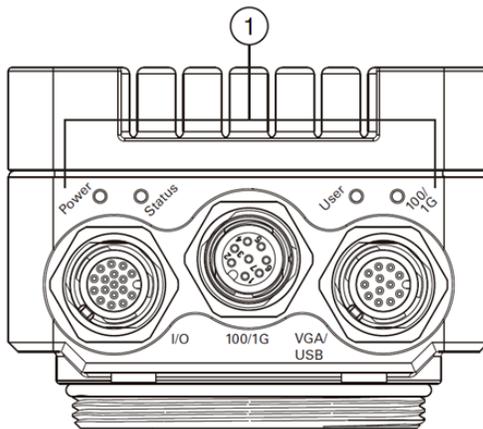
### • **Conexión de red**

Para conectar la SCNI 1774C al equipo de desarrollo (ED) o computador a través de una red, lleve a cabo los siguientes pasos:

- Compruebe que ED está conectado a la red a través del Switch TP-Link TL-SG1005D ubicado en el Tablero de Control de la Banda Transportadora y en funcionamiento.
- Conecte el terminal M12 del cable Ethernet al conector 100/1G de la SCNI 1774C.
- Conecte el terminal RJ45 del cable Ethernet a uno de los puertos del Switch. La SCNI 1774C ahora está conectado a través de una red y está disponible para la configuración adicional con el ED. El dispositivo utilizará inicialmente una dirección IP de enlace local por default, por lo que se configuraría la SCNI 1774C utilizando una dirección IP estática a través del MAX.

### • **Indicadores led**

El SCNI 1774C incluye cuatro indicadores multicolor. La siguiente figura ilustra la ubicación de los indicadores Led:



**Figura 106. Indicadores Led SCNI 1774C**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

Mientras que la SCNI 1774C se inicia, los indicadores Led de Power y status describen un comportamiento que se describe a continuación:

▪ **Indicador POWER**

El indicador de encendido proporciona información acerca de la fuente de alimentación. El indicador de alimentación es verde mientras la cámara se alimenta correctamente, cuando no se está suministrando energía a la SCNI, el indicador de encendido estará apagado. Cuando inicialmente se está alimentando la cámara el indicador de alimentación parpadea en rojo durante un segundo mientras los sistemas internos son encendidos. Si el indicador de encendido permanece en rojo durante más de un segundo, se indica que la tensión está fuera de rango.

▪ **Indicador de STATUS**

El indicador de estado proporciona información sobre el estado de la cámara.

**TABLA 31**

**COMPORTAMIENTO DE INDICADOR LED DE STATUS**

Color de LED	Descripción
Apagado	La cámara no tiene poder o el software no está instalado.
Rojo	La cámara se está iniciando.
Naranja	El software ha iniciado correctamente y está listo para su uso.
Verde	La cámara está adquiriendo una imagen.

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

El indicador Led de status de la SCNI 1774C indica las condiciones específicas de parpadeo, tal como se describe en la siguiente tabla:

**TABLA 32**  
**MENSAJES DE LED INDICADOR DE STATUS**

<b>Estado del LED</b>	<b>Color LED</b>	<b>Descripción</b>
Sólido	Naranja	Software inicializado correctamente y está listo para su uso.
1 Flash	Naranja	La SCNI 1774C está configurado para DHCP y el servidor DHCP no está disponible. Utilice MAX para configurar la SCNI 1774C.
2 Flashes	Naranja	La SCNI 1774C detecta un error en la configuración de software. Esto suele ocurrir cuando hubo un intento de actualizar el software y se interrumpe o si los archivos del sistema de la SCNI 1774C se eliminaron. Vuelva a instalar el software de la SCNI 1774C.
3 Flashes	Naranja	La SCNI 1774C está en modo seguro. El modo seguro se activa cuando la señal safe_mode está conectada.
4 Flashes	Naranja	La SCNI 1774C ha experimentado dos excepciones de software consecutivos. La SCNI 1774C se reinicia automáticamente después de una anomalía. Después de la segunda anomalía, la SCNI 1774C permanece en estado de anomalía, alertando a resolver el problema. Vuelva a instalar el software en la SCNI 1774C o póngase en contacto con National Instruments para obtener ayuda.

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

### ▪ **Indicador USER**

El indicador de usuario es un Led configurable por el usuario. Por ejemplo, puede utilizar el indicador para indicar el estado de PASS / FALLA de una inspección. Configurar el Led a través del atributo UserLEDState en LabVIEW.

### ▪ **Indicador 100/1G**

El indicador 100/1G es un Led multicolor que indica el estado de cualquier conexión de red. El Led parpadeante indica actividad en la red.

En la siguiente tabla se describe el comportamiento del indicador 100/1G:

**TABLA 33**

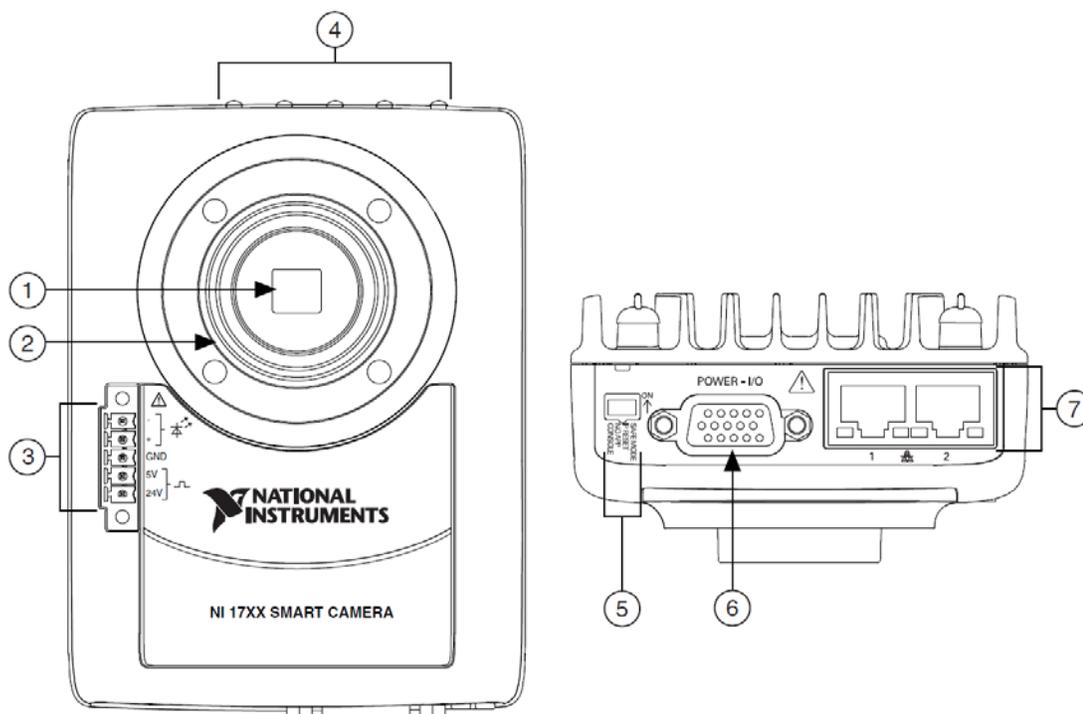
**COMPORTAMIENTO DEL INDICADOR LED 100/1G**

Color de LED	Descripción
Apagado	No hay enlace o un enlace de 10 Mbps se negocia
Amarillo	Un enlace de 100 Mbps se negocia
Verde	Un enlace 1000 Mbps se negocia

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

#### 4.2.4.4 SCNI MONOCROMÁTICA 1742

En este tema se ofrece una visión general de las características y componentes de la SCNI 1742.



1. Sensor de imagen	5. DIP switches
2. Montaje de lente estándar tipo C	6. Conector Power I/O
3. Conector de iluminación	7. Puertos Ethernet
4. Indicadores Led	

**Figura 107. SCNI 1742**

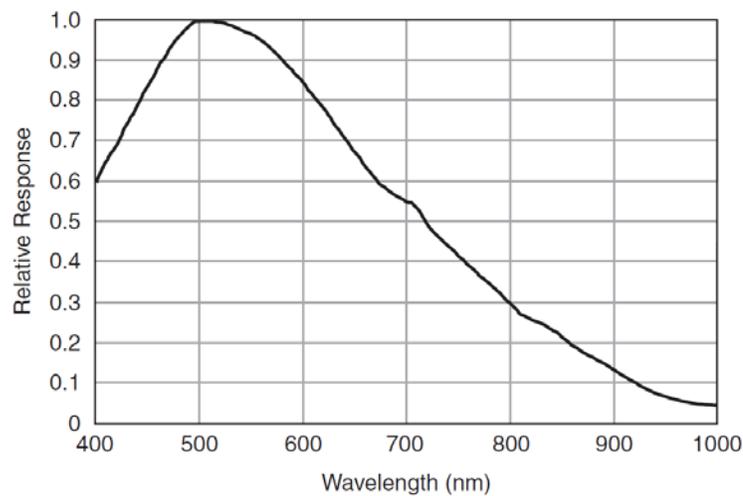
**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

- **Procesador**

La SCNI 1742 tiene incorporado un procesador Freescale PowerQUICC II Pro 533 MHz, memoria SDRAM: 128 MB, programa no volátil y memoria de datos: 128 MB, Imagen y almacenamiento de datos: Sin límite usando FTP o un disco duro Ethernet y protección IP67.

- **Sensor de imagen**

La SCNI 1742 utilizar un sensor CCD de escaneo progresiva. En la siguiente tabla se describen las características del sensor para cada cámara.



**Figura 108. Curva de respuesta del sensor espectral VGA de la SCNI 1742**

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

**TABLA 34**

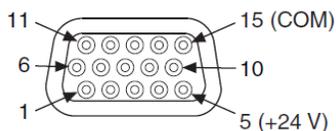
**SENSOR DE LA SCNI 1742**

Modelo de la cámara	Sensor	Formato óptico (in.)	Active Pixels	Tamaño de píxel ( $\mu\text{m}$ )	Frame Rate útil máxima (fps)	Tiempo ( $\mu\text{s}$ ) de exposición mínimo	Soporte de Color	Soporte Cuadratura Encoder
NI 1742	Sony CCD ICX424AL	1/3	640 × 480 píxeles (VGA)	7,4 x 7,4	175	36,28	No	SI

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

- **Conectores de alimentación de e/s**

El conector de alimentación de E / S proporciona conexiones de señal de poder y de E/S, las entradas y salidas aisladas, codificadores de cuadratura, y dispositivos de serie. El conector de alimentación I/O es un conector hembra estándar de alta densidad de 15 pines D-SUB. Los dos pasadores utilizados para conectar a una fuente de alimentación son el pin 15 común y el pin 5 a +24V.



**Figura 109. Diagrama de conectores**

**Fuente:** (Getting Started with the NI 17xx Smart Camera, 2013)

La siguiente tabla muestra los pines por numero, nombre de señales y color de cable para la SCNI 1742:

**TABLA 35**

**CONECTORES DE LA SCNI 1742**

Nombre de la señal	Número Pin	color del cable
+24V	5	Rojo
COM	15	Negro
RS232_TXD	10	Rosado
RS232_RXD	14	Negro / Blanco
TrigIn+	2	Café
IsoIn(0)+		
IsoIn(1)+	8	Tomate
TrigIn-	12	Verde claro
IsoIn(0)-		
IsoIn(1)-		
IsoOut(0)+	6	Amarillo
IsoOut(0)-	1	Verde
IsoOut(1)+	11	Celeste
IsoOut(1)-	7	Gris
PhaseA+	3	Azul
PhaseA-	13	Café / Blanco
PhaseB+	9	Púrpura
PhaseB-	4	Blanco

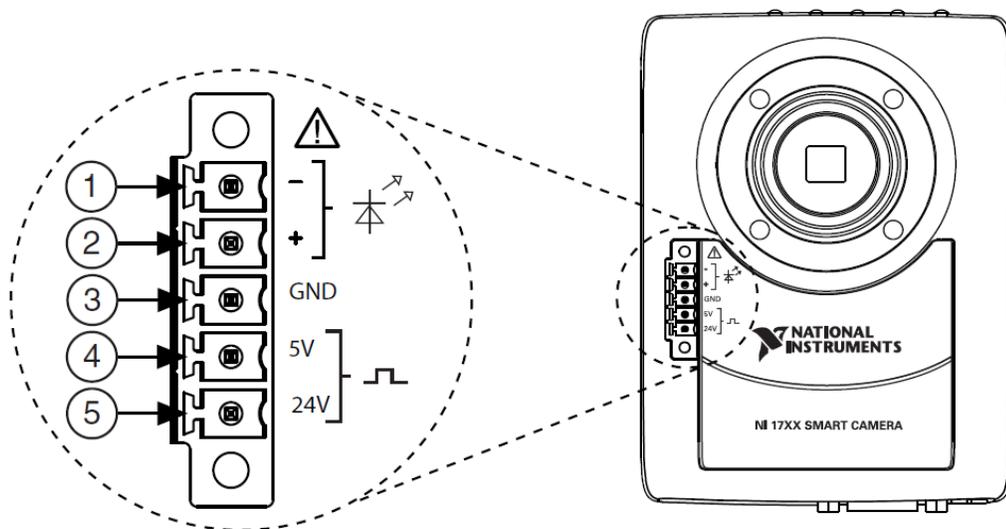
**Fuente:** (Getting Started with the NI 17xx Smart Camera, 2013)

- **Dispositivo de iluminación**

Uno de los aspectos más importantes de la configuración de su entorno de imagen es la iluminación adecuada. Las imágenes obtenidas bajo condiciones de iluminación adecuadas hacen que el desarrollo de software de procesamiento de imágenes sea más fácil y a su vez el tiempo total de procesamiento más rápido. Las siguientes secciones describen cómo utilizar el controlador de iluminación de accionamiento directo y la luz estroboscópica de la NI Smart Camera para controlar una luz.

- **Conector de iluminación**

La figura muestra el conector de la iluminación en la NI Smart Camera.



1. Salida Led -	4. Salida estroboscópica 5 V TTL
2. Salida Led +	5. Salida estroboscópica 24 V
3. Salida Tierra	

**Figura 110. Conector de Iluminación de SCNI 1742**

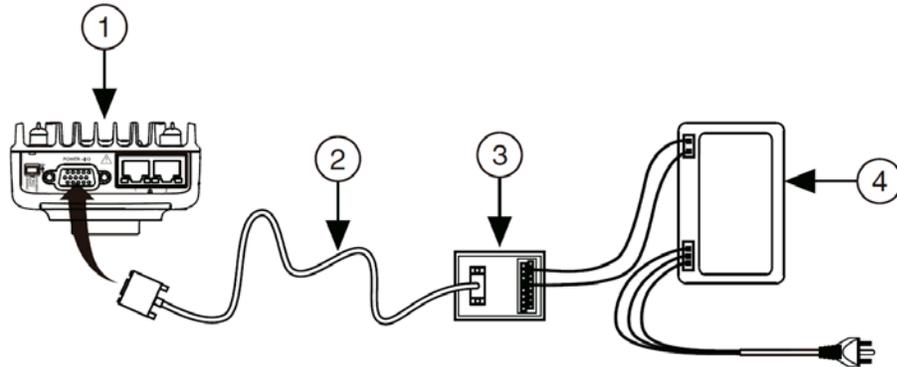
**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

El controlador Direct Drive puede operar en modo continuo o estroboscópico. Cuando se opera en el modo de Strobed, el controlador puede proporcionar más luz que en el modo continuo.

La SCNI 1742 sincroniza automáticamente la iluminación estroboscópica con la exposición del sensor de imagen pues la SC siempre enciende la luz antes de que comience una exposición y la apaga una vez que la exposición se completa. Se puede introduciendo los datos manualmente en el MAX, los cuales deben ser ingresados antes para poder utilizarlo en LabVIEW.

- **Proceso de conexión de la scni 1742 al bloque de terminales**

Complete los siguientes pasos para realizar una correcta conexión entre la SCNI 1742 y el bloque de terminales:



1. SCNI 1742	3. Bloque de terminales
2. Cable D-SUB de 15 pines a D-SUB de 15 pines	4. Fuente de Alimentación

**Figura 111. Conexión de alimentación y de E/S a través del bloque de terminales de la SCNI 1742**

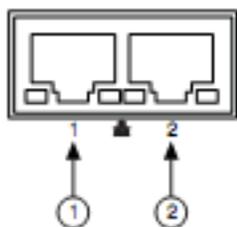
**Fuente:** (Getting Started with the NI 17xx Smart Camera, 2013)

- Conecte y asegure el terminal del cable D-SUB de 15 pines al conector de alimentación I/O de la SCNI 1742.
- Conecte y asegure el conector del cable D-SUB de 15 pines al conector del bloque de terminales.
- Conecte a la señal COM del bloque de terminales el conector del cable de la fuente de alimentación.

- Conecte cualquier señal de E/S adicionales necesarias para su aplicación en el conector apropiado del bloque terminales.
- Conecte la fuente de alimentación en un tomacorriente.
- Se encenderá la SCNI 1742, el indicador Led Power parpadean en rojo una vez, mientras el sistema interno es encendido.
- El Led Power cambia a color verde si la alimentación está conectada correctamente permitiendo posterior uso de la SCNI.

### • Conexión de red

Los puertos Ethernet de la SCNI 1742 proporcionan una conexión con el ED o a otros dispositivos de red.



1. Puerto Ethernet 1	2. Puerto Ethernet 2
----------------------	----------------------

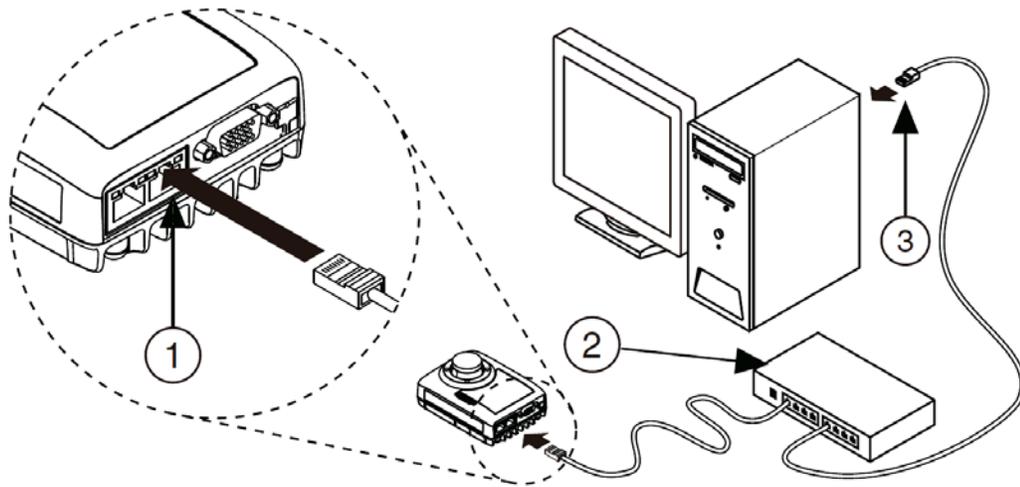
**Figura 112. Puertos Ethernet de la SCNI 1742**

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

El puerto Ethernet 1 es el puerto principal y el puerto Ethernet 2 es el puerto secundario. El puerto primario puede ser configurado para adquirir una dirección IP de un servidor DHCP. El puerto secundario sólo se puede configurar para una dirección IP estática.

Ambos puertos Ethernet de la SCNI 1742 puede conectarse a un 10, 100 o 1000 Mbps (1 Gbps) de red Ethernet, ya sea en dúplex completo o medio. La SCNI 1742 detecta automáticamente las capacidades de velocidad y dúplex del enlace y se configura para la interfaz más rápida en común. La SCNI también puede realizar auto-transición y permite el uso de cables Ethernet rectos o cruzados, independientemente de la configuración de la conexión.

Para conectar la SCNI al ED a través de una red, se debe completar los siguientes pasos.



1. Conexión de la SCNI 1742 por cable a través del puerto 1
2. Puerto del Switch TP-Link TL-SG1005D
3. Conexión de un cable Ethernet a un puerto Ethernet del ED

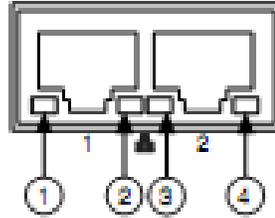
**Figura 113. Conexión de la SCNI al ED a través de una red**

**Fuente:** (Getting Started with the NI 17xx Smart Camera, 2013)

- Compruebe que el ED está conectado a la red y que esté encendida.
- Con un cable Ethernet, conecte desde un puerto Ethernet del switch TP-Link TL-SG1005D al puerto Ethernet primario de la SCNI 1742.
- La SCNI 1742 está ahora conectado al ED a través de una red y está disponible para la configuración adicional. El dispositivo utilizará inicialmente una dirección IP de enlace local por default, por lo que se configuraría la SCNI 1742 utilizando una dirección IP estática a través del MAX como se explicó anteriormente.

### • Indicadores led

En este tema se proporciona información sobre la ubicación y funcionalidad de los indicadores Led en la NI Smart Camera.



1. Led de actividad / enlace del puerto 1	3. Led de actividad / enlace del puerto 2
2. Led de Velocidad de puesto 1	4. Led de Velocidad de puesto 2

**Figura 114. Leds Ethernet de SCNI 1742**

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

### ▪ El led actividad / link

Indica si se establece un vínculo entre la SCNI 1742 y el dispositivo conectado en el otro extremo del cable Ethernet. El Led está apagado cuando no hay ningún cable conectado o si la SCNI o el dispositivo conectado en el otro extremo del cable están apagados. El Led es verde cuando se establece un enlace, pero no hay actividad de tráfico en el enlace. El Led parpadea en verde cuando hay actividad de tráfico en el enlace.

### ▪ Velocidad led

El Led de velocidad indica la velocidad del enlace negociado. La SCNI selecciona automáticamente la velocidad más alta que comparten la SC y el ED. El Led de velocidad sigue el comportamiento especificado en la siguiente tabla:

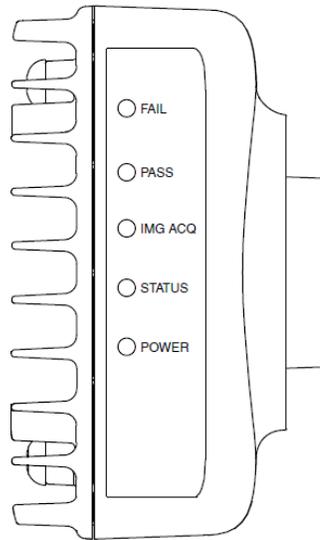
**TABLA 36**

#### **COMPORTAMIENTO DE LED DE VELOCIDAD**

<b>Comportamiento de LED de velocidad</b>	<b>Indicador</b>
Apagado	No hay enlace o un enlace de 10 Mbps se negocia
Verde sólido	Un enlace de 100 Mbps se negocia
Ámbar	Un enlace 1000 Mbps se negocia

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

El SCNI 1742 incluye cinco indicadores multicolor. La siguiente figura ilustra la ubicación de los indicadores Led



**Figura 115. Leds indicadores de Funcionalidad**

**Fuente:** (NI 17xx Smart Camera User Manual, 2013)

Mientras que la NI Smart Camera inicializa, las luces Led de Power permanece en verde sólido y el Status, Img Acq, Pass, y Fail los Leds exhiben un patrón de desplazamiento. Cuando la SCNI termina de inicializar, el Led Status se enciende en verde. Si el sistema no se inicializa en el plazo previsto de tiempo, el Led de estado parpadea un código de estado.

#### ▪ **Indicador power**

El indicador de encendido proporciona información acerca de la fuente de alimentación. El indicador de alimentación es verde mientras la cámara se alimenta correctamente, cuando no se está suministrando energía a la SCNI, el indicador de encendido estará apagado. Cuando inicialmente se está alimentando la cámara el indicador de alimentación parpadea en rojo durante un segundo mientras los sistemas internos son encendidos. Si el indicador de encendido permanece en rojo durante más de un segundo, se indica que la tensión está fuera de rango.

## ▪ Indicador de STATUS

El indicador de Status proporciona información sobre el estado de la cámara indicadas a través del parpadeo, tal como se describe en la siguiente tabla:

**TABLA 37**

### **MENSAJES DE LED INDICADOR DE STATUS**

<b>Estado del LED</b>	<b>LED Color</b>	<b>Indicación</b>
Sólido	Verde	La SCNI inicializado correctamente y está listo para su uso.
1 Flash	Verde	La dirección IP de la SCNI o el software está sin configurar. La SCNI viene de fábrica sin configurar. La SCNI también entra en el estado sin configurar si está configurado para DHCP y no hay ningún servidor DHCP disponible. Utilice MAX para configurar la SCNI.
2 Flashes	Verde	La SCNI detecta un error en la configuración de software. La cámara se ha iniciado automáticamente en modo seguro, independientemente de la posición del interruptor DIP Safe Mode. Esto suele ocurrir cuando un intento de actualizar el software se interrumpe o si los archivos del sistema se eliminan de la cámara inteligente. Vuelva a instalar el software de la cámara inteligente.
3 Flashes	Verde	La SCNI está en modo seguro ya que el interruptor DIP Safe Mode está en la posición ON.
4 Flashes	Verde	La SCNI ha experimentado dos excepciones de software consecutivos. La SCNI se reinicia automáticamente después de una excepción. Después de la segunda excepción, la SCNI permanece en estado de excepción, alertando a resolver el problema. Vuelva a instalar el software de la cámara inteligente.
5 Flashes	Verde	La SCNI detecta un error crítico. Vuelva a instalar el software de la SCNI o póngase en contacto con National Instruments para obtener ayuda.
Intermitente	Rojo	La SCNI detecta un incidente de software o se cuelgue. Póngase en contacto con National Instruments para obtener ayuda.
Sólido	Rojo	La SCNI detecta un error crítico de firmware. Póngase en contacto con National Instruments para obtener ayuda.

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera Accessories, 2011)

### ▪ **Led IMG ACQ**

El Led IMG ACQ se enciende brevemente en color verde cuando se captura una imagen y está listo para su análisis. A alta velocidad de captura pueden dar la apariencia de estar continuamente encendido.

### ▪ **Led PASS**

El Led Pass es un Led verde que es configurable por el usuario a través del nodo IMAQ en LabVIEW.

### ▪ **Led FAIL**

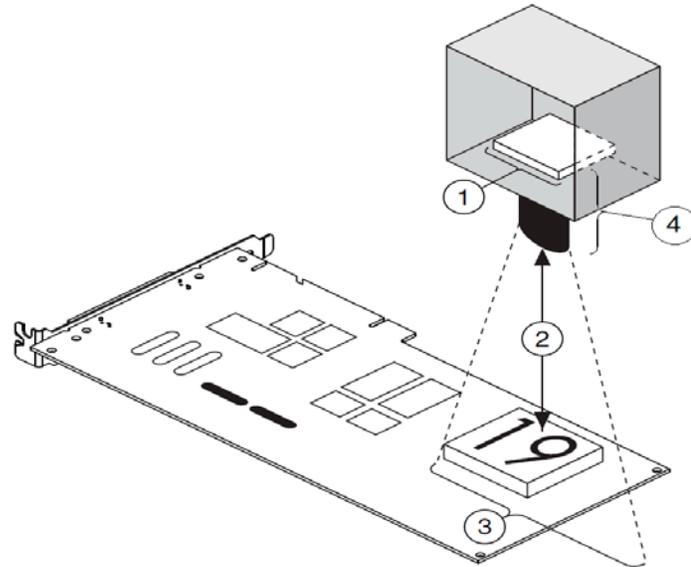
El Led Fail es un Led rojo que es configurable por el usuario a través del nodo IMAQ característica en LabVIEW.

Si el Led Acq Img y la Led Fail parpadean en rojo, indica que la NI Smart Camera se ha apagado porque se ha sobrepasado la temperatura interna máxima.

## **4.2.5 SELECCIÓN DE LENTE.**

A parte de los factores mencionados anteriormente como sensor, tipo de cámara e iluminación, se tiene una variable importante, es la selección de un lente adecuado que permitiría una resolución de partículas pequeñas, por tal razón explicaremos como se selecciona un lente de acuerdo para nuestra aplicación.

En la tabla se visualiza los parámetros que ingresan para la selección adecuada de los lentes de una cámara de video.



1 Tamaño de Sensor	3 Campo de observación
2 Distancia de trabajo	4 Distancia focal

**Figura 116. Parámetros para la selección de lente adecuado para cada cámara**

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera User Manual, 2011)

Para calcular la variable campo de observación (FOV) se tiene la siguiente fórmula:

$$FOV = SS(D/FL) \quad (\text{Ecuación 31})$$

Donde

SS = Tamaño de sensor

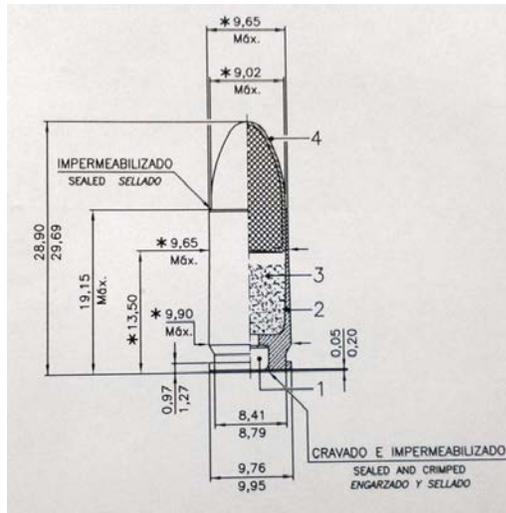
D = Distancia de trabajo

FL = Distancia Focal

#### **4.2.5.1 CALCULO DE VALIDACIÓN DE LENTES DE SCNI DE ACUERDO A LOS PARÁMETROS DE LA MUNICIÓN 9MM**

Para la aplicación se usará la SCNI 1774C para la detección de fallas superficiales como ralladuras, deformación o aplastamiento producido en procesos anteriores, longitud y ancho de la munición y SCNI 1742 monocromática tiene la funcionalidad determinar si es que hay o no hay fulminante además de marcas en la base de la munición.

Para realizar el cálculo de validación de lente se tiene como objeto de inspección a la munición 9mm, en la siguiente figura se indican sus dimensiones.



**Figura 117. Dimensiones de Munición 9 mm Vista Frontal**

**Fuente:** (Santa Bárbara E.P, 2013)

- **Datos iniciales para la validación del lente de la scni 1742**

- **Tamaño de objeto:**

Culata de la munición 9 mm

- **Área de procesamiento:**

**Largo:** 38 mm X **Ancho:** 38 mm.

Este parámetro se lo eligió para tener una vista completa del recorrido de una munición sin la intervención de otra, manteniendo su independencia.

- **Lente:**

National Instruments ofrece lentes de baja y de alta resolución para dar cabida a los diferentes Smart Cameras. Todos los lentes son de 1/3 pulgada y una montura de lente tipo C.

TABLA 38

## LENTE PARA NI SMART CAMERAS 1742NM Y 1774C

Modelo	Longitud Focal (mm)	Abertura	Dimensiones (mm)	Peso (g)
M1214-MP	12	F1.4 - F16C	33,5 x 28,2	65

Fuente: (NI 177x Smart Camera Accessories, 2011)

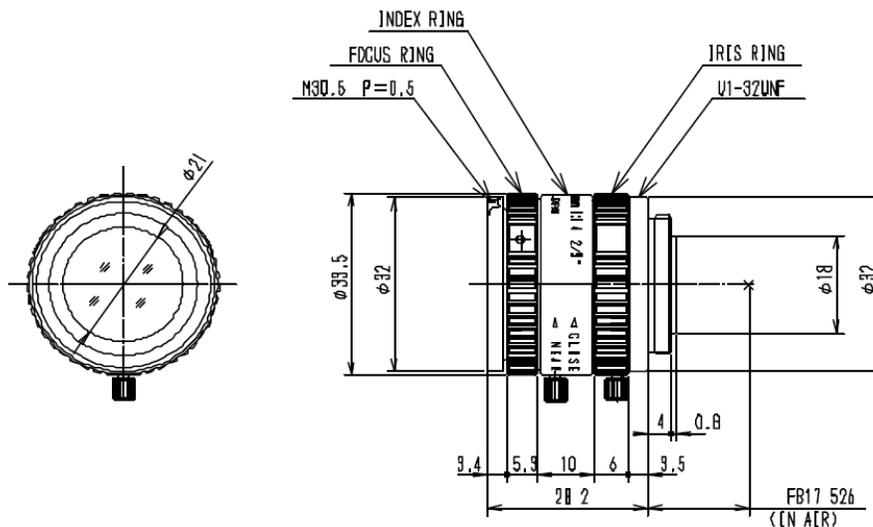


Figura 118. Lente Computar M1214-MP

Fuente: (NI 177x Smart Camera Accessories, 2011)

En la siguiente tabla se muestra los datos básicos para el cálculo de Campo de Observación que tendrá la cámara para la aplicación de presencia o no de fulminante y marcas en la base de la munición.

TABLA 39

## DATOS BÁSICOS TÉCNICOS DE LA SCNI 1742

CÁMARA MONOCROMÁTICA NI 1742				
Parámetros	Medidas			Unidad
Formato de cámara	1/3			pulg
Tamaño de Sensor (SS)	4,8	X	3,6	mm
Resolución (Resol)	640	x	480	pixeles
Distancia Focal (FL)	12			mm
Distancia de de trabajo(D)	150			mm

Fuente: (NI 177x Smart Camera Accessories, 2011)

A continuación se realiza el cálculo para determinar si el lente proporcionado por la cámara es correcto, para lo cual se toma el valor de 3,6 mm de tamaño de sensor dado que este determinará el campo de observación mínimo.

**Datos:**

$$SS = 3,6 \text{ mm}$$

$$FL = 12 \text{ mm}$$

$$D_{\min} = 150 \text{ mm}$$

$$FOV = \frac{SS * D}{FL}$$

$$FOV = \frac{3,6\text{mm} * 150\text{mm}}{12\text{mm}}$$

$$FOV = 45\text{mm} \quad (\text{Resp. 4.1})$$

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los cálculos realizados para la validación del lente para la cámara monocromática NI 1742 dando como resultado que es la CORRECTA para nuestra aplicación, pues el campo de observación está por encima de área de procesamiento necesaria, el cual nos deja un margen para realizar futuras aplicaciones con otros calibres de munición.

**TABLA 40**

**RESULTADOS DE CÁLCULO VALIDACIÓN DE LENTE PARA LA SCNI 1742**

RESULTADO DE CÁLCULO DE LENTE PARA CÁMARA MONOCROMÁTICA NI1742NM							
Parámetros	Datos Iniciales		Unidad	Datos Calculados		Unidad	Decisión
FOV	Horizontal	38	mm	Horizontal	60	mm	Lente Correcto
	Vertical	38	mm	Vertical	45	mm	
Tamaño pixel				Horizontal	0,094	mm	Lente Correcto
				Vertical	0,094	mm	Correcto

- **Datos iniciales para la validación de lente de la scni 1774c**

- **Tamaño de objeto**

Vista Frontal de la munición 9 mm

- **Área de procesamiento**

**Largo:** 80 mm X **Ancho:** 38 mm

A pesar que de acuerdo a la figura la longitud máxima de la munición 9mm, es de 29.69 mm se tomo 80 mm de largo, pues la maquina a futuro realizará el control de calidad de otro tipo de calibre de munición.

### ▪ Lente

Todos los lentes para las cámaras inteligentes de National Instruments son de 1/3 pulgada y una montura de lente tipo C.

En la siguiente tabla se muestra los datos básicos de la posible cámara para la aplicación de detección de fallas superficiales, deformación, longitud y ancho en la munición 9mm.

**TABLA 41**

#### **DATOS BÁSICOS TÉCNICOS DE LA SCNI 1774C**

CÁMARA A COLOR NI 1774C			
Parámetros	Medidas		Unidad
Formato de cámara	1/3		pulg
Tamaño de Sensor (SS)	4,8	X 3,6	mm
Resolución (Resol)	1280	X 960	pixeles
Distancia Focal (FL)	12		mm
Distancia de trabajo (D)	200		mm

**Fuente:** (NI 177x Smart Camera Accessories, 2011)

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los cálculos realizados para la validación de la cámara a color NI 1774C dando como resultado que es la CORRECTA para nuestra aplicación pues nos permite tener un rango más amplio para futuras aplicaciones.

**TABLA 42**

#### **RESULTADOS CÁLCULO DE LENTE PARA LA SCNI 1774C**

RESULTADO DE CÁLCULO LENTE PARA SCNI 1774C COLOR							
Parámetros	Datos Iniciales		Unidad	Datos Calculados		Unidad	Decisión
FOV	Horizontal	80	mm	Horizontal	80	mm	<b>Lente Correcto</b>
	Vertical	38	mm	Vertical	60	mm	
Tamaño pixel				Horizontal	0,063	mm	<b>Lente Correcto</b>
				Vertical	0,063	mm	

### 4.3 SISTEMA NEUMÁTICO

En algunos procesos industriales de tratamiento químico, de hidrocarburos, pinturas, disolventes pirotécnicos, etc. es de suma importancia la naturaleza tecnológica de los componentes que van a intervenir en su implementación, dado que tanto la materia prima que interviene, como el producto acabado son de naturaleza inflamable.

Esto constituye sin duda un gran condicionamiento, para lo cual las alternativas posibles son:

- Implementación de sistemas con materiales eléctricos antideflagrantes
- Implementación de sistemas con tecnología neumática

Después de la tecnología eléctrica, la neumática es de amplia utilización en los automatismos industriales.

Los automatismos “todo neumático” presentan más ventajas a los automatismos electroneumáticos en ambientes explosivos:

- En general presentan mayor robustez y seguridad hacia el operador, dado que la conmutación neumática apenas producen desgastes de los elementos en comparación con el arco electrónico. Con la eliminación de este último se evita la posibilidad de ignición por dicho motivo.
- En ambientes explosivos, los captadores electrónicos antideflagrantes son voluminosos y en general más costosos, mientras que los captadores neumáticos estándar convienen en los citados ambientes.
- Al revés que los captadores electrónicos, los neumáticos funcionan sin problemas en ambiente húmedo.

No obstante, el deseo de aprovechar las ventajas de los dispositivos lógicos programables, en cuanto a potencialidad en la implementación de algoritmos de control, conduce a la necesaria instalación de una “interfaz” entre ambas tecnologías.

Ello conduce a la conclusión de la necesidad de una zona segura para la parte de mando (de control automático) y una “interfaz” electroneumática entre la primera y la parte operativa ( proceso). En esta última se requiere la implementación del automatismo con materiales neumáticos o en su defecto con la debida certificación de antideflagrantes y antiexplosivos.

### **4.3.1 FUNCIONES LÓGICAS NEUMÁTICAS**

Las puertas y dispositivos lógicos neumáticos son el equivalente de la implementación tecnológica de algunas de las funciones booleanas descritas en el capítulo correspondiente.

Existen de dos tipos diferentes considerando el tipo de instalación:

#### **4.3.1.1 Instalación libre**

Pueden estar repartidas a lo largo del cableado.

#### **4.3.1.2 Instalación asociable**

Permite realizar bloques lógicos compactos por clavija integrada de cada célula lógica que incluye un selector de circuito mediante el cual, con un simple giro permite realizar enlaces en:

- **Enlace en Cascada**

Este tipo de enlace hace corresponder la salida de una célula con una entrada de célula siguiente.

- **Enlace en Entrada común**

Este tipo de enlace transmite una de las entradas de una célula hacia una entrada de la célula siguiente.

## 4.3.2 ELEMENTOS NEUMÁTICOS

Existe una gran variedad de elementos neumáticos que se aplican en la industria pero para nuestra aplicación se detallará ciertos dispositivos que se ha aplicado en el desarrollo de la tesis.

### 4.3.2.1 CILINDRO NEUMÁTICO

Los cilindros neumáticos son unidades que transforman la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o en fuerzas prensoras. Básicamente consisten en un recipiente cilíndrico provisto de un émbolo o pistón. Al introducir un determinado caudal de aire comprimido, éste se expande dentro de la cámara y provoca un desplazamiento lineal. Si se acopla al émbolo un vástago rígido, este mecanismo es capaz de empujar algún elemento, o simplemente sujetarlo.

La fuerza de empuje es proporcional a la presión del aire y a la superficie del pistón:

$$F = P * A \quad (\text{Ecuación 32})$$

Donde:

F = Fuerza

P = Presión manométrica

A = Área del émbolo o pistón

- **Tipos de cilindros neumáticos**



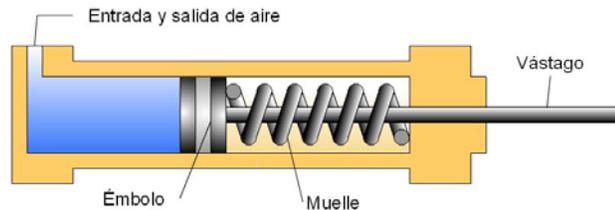
**Figura 119. Tipos de cilindros neumáticos**

**Fuente: (FESTO)**

### ▪ Cilindros de simple efecto

Uno de sus movimientos está gobernado por el aire comprimido, mientras que el otro se da por una acción antagonista, generalmente un resorte colocado en el interior del cilindro. Este resorte podrá situarse opcionalmente entre el pistón y tapa delantera (con resorte delantero) o entre el pistón en su tapa trasera.

Realiza trabajo aprovechable sólo en uno de los dos sentidos, y la fuerza obtenible es algo menor a la que da la expresión  $F = P \times A$ , pues hay que descontar la fuerza de oposición que ejerce el resorte.

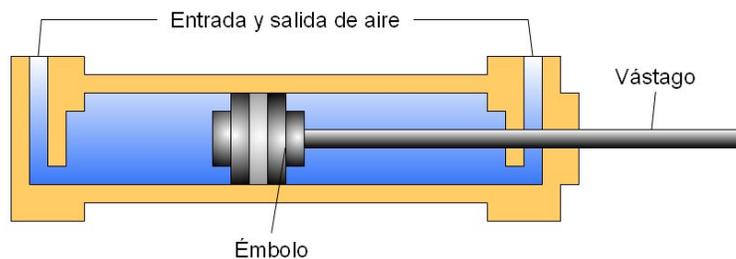


**Figura 120. Cilindro de simple efecto**

**Fuente:** (Portaleso)

### ▪ Cilindros de doble efecto

El pistón es accionado por el aire comprimido en ambas carreras. Realiza trabajo aprovechable en los dos sentidos de marcha. Para la aplicación en la tesis se usará este tipo de cilindro pues nos permite una control óptimo en proceso.

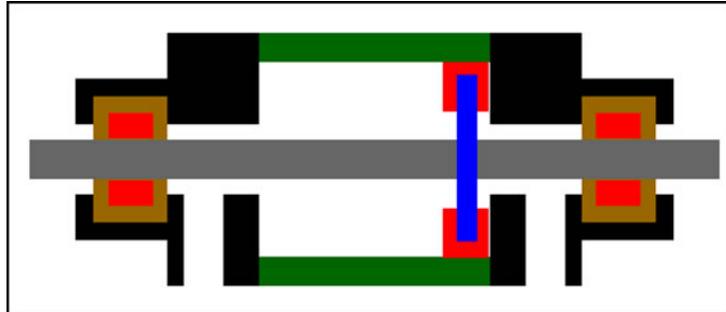


**Figura 121. Cilindro de doble efecto**

**Fuente:** (Portaleso)

### ▪ Cilindros con doble vástago

Poseen salida de vástago en ambos extremos, lo que ofrece un mejor guiado del conjunto, facilitan el colocado de levas o fines de carrera cuando hay problemas de espacio en la zona de trabajo, y además presentan iguales áreas de pistón a ambos lados.

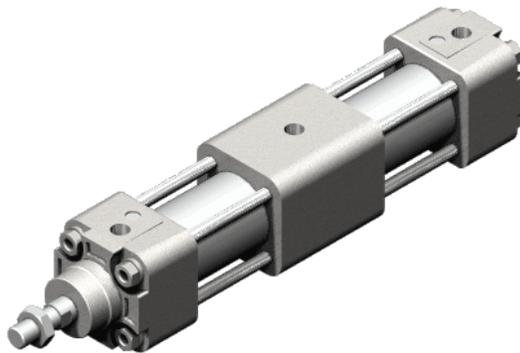


**Figura 122. Cilindro de doble vástago**

**Fuente:** (Neumatica Niche)

### ▪ Cilindros de doble pistón o en tándem

Consisten en dos cilindros de doble efecto acoplados en serie con un vástago en común, formando una unidad compacta. Aplicando simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene una fuerza de casi el doble de la de un cilindro convencional del mismo diámetro.

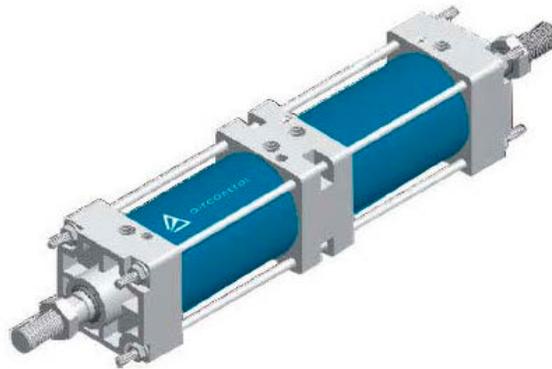


**Figura 123. Cilindro de doble pistón o tándem**

**Fuente:** (Traceparts)

### ▪ Cilindros acoplados de acción independiente

Están constituidos por dos cilindros unidos por sus tapas traseras. Éstos pueden operarse independientemente de modo tal de obtener sobre uno de los extremos del vástago, tres o cuatro posiciones de trabajo según sean iguales o distintas las carreras de ambos cilindros. Es un dispositivo multiposicionador sencillo y económico.



**Figura 124. Cilindros acoplados de acción independiente**

**Fuente:** (Directindustry)

### ▪ Cilindros sin vástago

El pistón transmite el movimiento a la carga a través de un carro acoplado mecánicamente al pistón mediante un exclusivo sistema patentado. Un sistema de cintas garantiza un doble sellado y evita el ingreso de impurezas al interior del cilindro. Variantes constructivas de éste incluyen guías externas de diversos tipos.



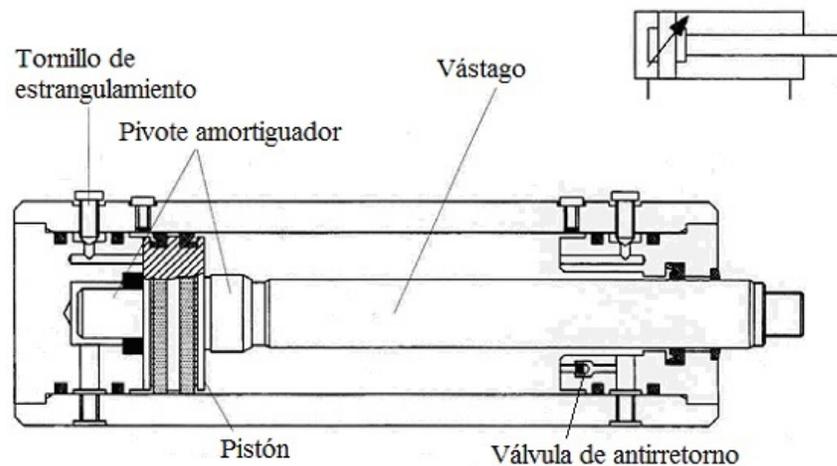
**Figura 125. Cilindros sin vástago**

**Fuente:** (Niasa)

- **Amortiguación de fin de carrera**

Son dispositivos, fijos o regulables, colocados generalmente en las tapas de los cilindros, y cuya finalidad es absorber la energía cinética de las masas en movimiento.

Según los modelos de cilindros, se puede tener amortiguación delantera, trasera o doble. Para la aplicación de la tesis se usará un cilindro neumático con amortiguación doble pues estos evitaran el impactos del émbolo contra la camisa evitando daños en el cilindro.



**Figura 126. Amortiguación de fin de carrera**

Fuente: (Ingemecanica)

- **Pistón con imán incorporado**

Ciertos cilindros incorporan un imán en el pistón a efectos de actuar un interruptor magnético del tipo Reed Switch o similar, montado en el exterior del cilindro, durante o al final de su carrera. Esta señal eléctrica es utilizada para gobernar a otros órganos componentes del sistema, actuadores, contadores, emitir señales luminosas, actuar contactores, relés, PLC, o bien para controlar su propio movimiento. Para la aplicación de la tesis se usará un pistón con imán incorporado pues permite que se controle la entrada y salida del cilindro a través del envío de señales digitales del sensor magnético SME-8-K-LED-230 a el bloque de terminales de la SCNI 1774C.

- **Fuerza en cilindros**

La fuerza disponible de un cilindro crece con mayor presión y con mayor diámetro. La determinación de la fuerza estática en los cilindros está sustentada por la siguiente fórmula:

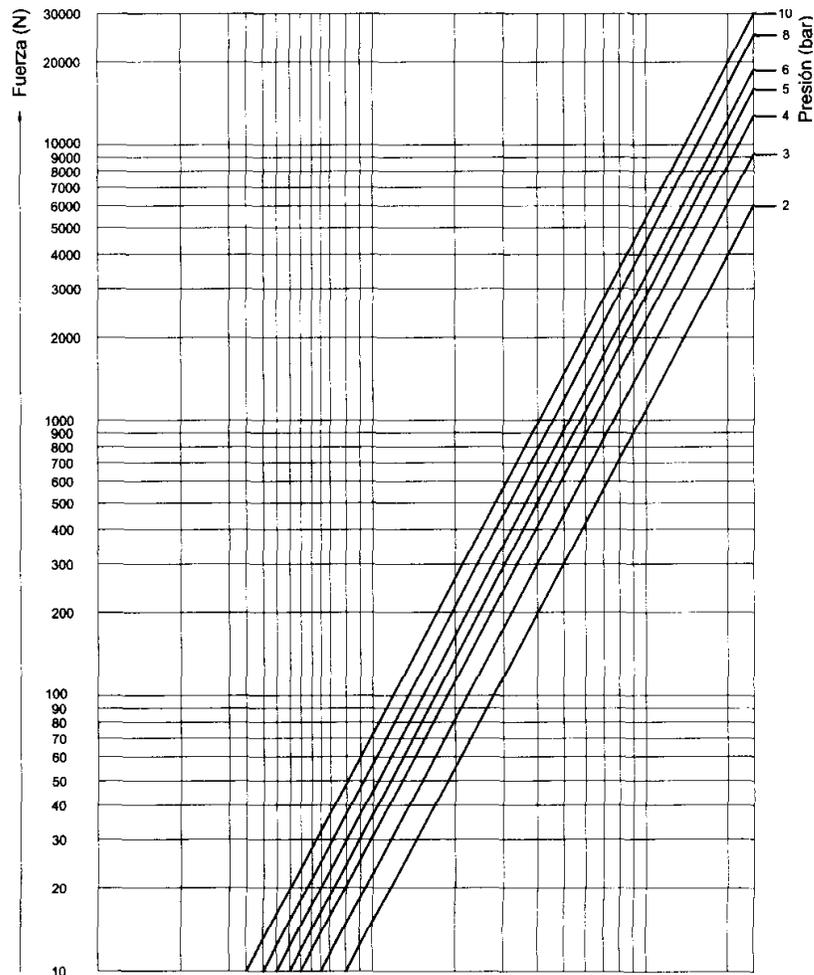
$$F = \frac{10 * P * \pi * d^2}{4} \quad (\text{Ecuación 33})$$

Donde:

F = Fuerza (N)

P = Presión (bar)

d = Diámetro de la camisa del cilindro (cm)



**Figura 127. Ábaco de cálculo de FESTO**

- **Consumo de aire en cilindros**

El cálculo del consumo de aire en cilindros neumáticos es muy importante cuando se requiere conocer la capacidad del compresor necesario para abastecer a la demanda de una instalación.

Puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{\pi * d^2 * c * P * N * 10^{-6}}{4} \quad (\text{Ecuación 34})$$

Donde :

Q = Consumo de aire (l)

d = Diámetro del cilindro (mm)

c = Carrera del cilindro (mm)

P = Presión absoluta = Presión relativa de trabajo + 1 bar

N = Número de efectos del cilindro

(N=1 para simple efecto, N=2 para doble efecto)

- **Pandeo en cilindros**

El pandeo es un factor limitativo en la elección de cilindros cuyos vástagos estén sometidos a compresión, ya que sólo bajo dicha sollicitación es cuando aparece este fenómeno.

Éste se manifiesta por una flexión lateral del vástago que genera esfuerzos radiales sobre bujes y camisa de los cilindros, acortando su vida útil y hasta produciendo la rotura.

Particularmente la verificación por pandeo debe realizarse en cilindros de gran carrera, que es donde el fenómeno puede adquirir magnitud, siendo el único factor constructivo que limita la carrera de los cilindros.

Las causas que están ligadas a la sollicitación de pandeo dependen no sólo de los materiales utilizados en la construcción del vástago, sino también de las condiciones de montaje al que se somete el cilindro o sus combinaciones resultan favorables para contrarrestar el efecto.

Dependiendo del tipo de montaje existe el factor de corrección K, el que puede adoptar valores desde 0,25 para las fijaciones más favorables hasta el valor 2 para las más críticas. Se debe verificar lo siguiente:

$$K \cdot \text{Carrera real} < \text{Carrera básica} \quad (\text{Ecuación 35})$$

Donde :

Carrera real = carrera del cilindro

Carrera básica = carrera máxima de cada cilindro según su diámetro.

#### 4.3.2.2 VÁLVULAS

La función de las válvulas es permitir, orientar o detener un flujo de aire. Para distribuir el aire hacia los elementos de trabajo son conocidas también como válvulas distribuidoras.

Estas constituyen los órganos de mando de un circuito. También son utilizadas en sus tamaños más pequeños como emisoras o captoras de señales para el mando de las válvulas principales del sistema, y aún en funciones de tratamiento de señales.

Dos de las características principales que posibilitan su clasificación son el número de vías y el número de posiciones, definidos a continuación.

- **Vías**

Llamamos así al número de entradas de conexión del elemento de distribución. Pueden tenerse válvulas de 2, 3, 4, 5 ó más vías. No es posible tener un número de vías inferior a dos.

## • Posiciones

Se refiere al número de posiciones estables del elemento de distribución. Las válvulas más comunes tienen 2 ó 3 posiciones, aunque algunos modelos particulares pueden tener más. No es posible tener un número de posiciones inferior a dos.

Las válvulas direccionales se designan de acuerdo al número de vías y al número de posiciones de la siguiente forma:

$$N^{\circ} \text{ Vías / No posiciones} \quad (\text{Ecuación 36})$$

## • Configuración del símbolo

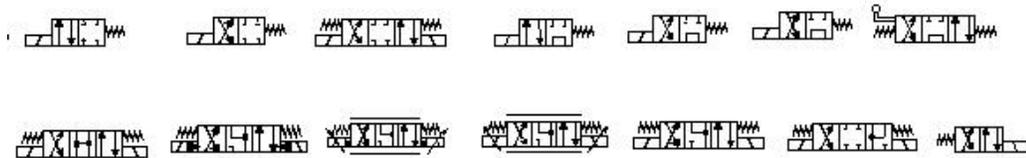
El símbolo representa la función de la válvula y su forma de accionamiento y/o reacción. No representa de ninguna manera a válvula alguna desde el punto de vista constructivo. El símbolo se compone de dos partes bien definidas:

Un bloque central, en el que se identifican las posiciones estables del elemento de conmutación y las vías de conexión para cada posición, y de dos bloques extremos que representan los modos de actuación o mandos.

- Cada posición de la válvula se representa por un cuadrado. Habrá tantos cuadrados adyacentes como posiciones de distribución tenga la válvula.
- Las bocas se representan por trazos unidos al cuadrado correspondiente a la posición normal de reposo de la válvula.
- Las vinculaciones entre bocas se representan con líneas y flechas, indicando el sentido de circulación. Las bocas cerradas se indican con líneas transversales. Dicha representación es realizada por cada posición.
- Las canalizaciones de escape se representan por un triángulo, pudiendo ser:
  - a) Escape sin posibilidad de conexión (Orificio no roscado).
  - b) Escape con posibilidad de conexión (Orificio roscado).

El símbolo se completa con los esquemas correspondientes a los mandos de las válvulas, siendo éstos el medio por el cual se logra la conmutación de sus posiciones.

Existen distintos tipos de mandos: mandos musculares o manuales, mecánicos, neumáticos, eléctricos y electroneumáticos.

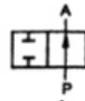


**Figura 128. Ejemplo de Símbolos de Válvulas**

- **Tipos de válvulas comunes**

- **Válvulas 2/2**

Pertenece a este grupo todas las válvulas de cierre que poseen un orificio de entrada y otro de salida (2 vías) y dos posiciones de mando. Sólo se utilizan en aquellas partes de los equipos neumáticos donde no es preciso efectuar por la misma válvula la descarga del sistema alimentado; sólo actúan como válvulas de paso. Pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo.



**Figura 129. Válvula 2/2**

**Fuente:** (Slideshare)

- **Válvulas 3/2**

Además de alimentar a un circuito, permiten su descarga al ser conmutadas. También las hay normalmente cerradas o abiertas.

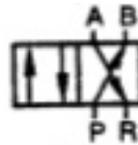


**Figura 130. Válvula 3/2**

**Fuente:** (Slideshare)

### ▪ Válvulas 4/2

Poseen cuatro orificios de conexión correspondiendo uno a la alimentación, dos a las utilizaciones y el restante al escape, el que es común a ambas utilizaciones. Operan en dos posiciones de mando, para cada una de las cuales sólo una utilización es alimentada, en tanto la otra se encuentra conectada a escape; esta condición se invierte al conmutar la válvula.



**Figura 131. Válvula 4/2**

**Fuente:** (Slideshare)

### ▪ Válvulas 5/2

Éstas poseen cinco orificios de conexión y dos posiciones de mando. A diferencia de la 4/2, poseen dos escapes correspondiendo uno a cada utilización. Esto brinda la posibilidad, entre otras cosas, de controlar la velocidad de avance y retroceso de un cilindro en forma independiente.



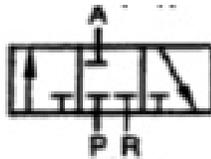
**Figura 132. Válvula 5/2**

**Fuente:** (Slideshare)

### ▪ Válvulas de 3 posiciones

Las funciones extremas de las válvulas de tres posiciones son idénticas a las de dos posiciones, pero a diferencia de éstas incorporan una posición central adicional. Esta posición podrá ser de centro cerrado, centro abierto o centro a presión.

Un centro abierto permite la detención intermedia de un actuador en forma libre, dado que ambas cámaras quedan conectadas a escape en esa posición. Un centro cerrado, por el contrario, permitirá una parada intermedia, pero el cilindro quedara bloqueado por imposibilitarse sus escapes. El centro a presión mantiene alimentadas ambas cámaras, lo que permite detener con precisión un cilindro sin vástago, compensando eventuales pérdidas de aire del circuito.



**Figura 133. Válvula de 3 posiciones**

**Fuente:** (Slideshare)

### • Electroválvulas

En las electroválvulas la señal que da origen a la conmutación es de naturaleza eléctrica, excitando a un solenoide que por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil interno que habilita o no el paso del fluido. Para la aplicación de la tesis se usará una electroválvula 5/2 que se activará a través de señales digitales enviadas por las Out0 y Out1, con mandos directos en la cual el mismo núcleo habilita o no el paso principal de fluido.

- **Caudal de accionamiento de cilindro**

El caudal normal requerido para el accionamiento de un cilindro neumático, dependerá en general del caudal requerido por el accionamiento, el que a su vez dependerá del tamaño del cilindro, la velocidad de su accionamiento y de la presión de operación, donde:

$$Qr = \frac{0,0028*d^2*C*(P+1,013)}{t} \quad (\text{Ecuación 37})$$

Donde:

Qr = caudal requerido (Nm<sup>3</sup> / h)

d = diámetro del pistón del cilindro (cm<sup>2</sup>)

C = carrera del cilindro (cm)

t = tiempo de ejecución del movimiento (s)

P = presión de operación o manométrica (bar)

#### 4.3.2.3 UNIDADES DE MANTENIMIENTO

Constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Se instalan en la línea de alimentación de un circuito, suministrando aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión requerida, es decir en las óptimas condiciones de utilización.



**Figura 134. Unidad de Mantenimiento**

**Fuente: (FESTO)**

Los conjuntos FRL poseen en suma todas las características funcionales y constructivas de cada uno de los elementos que los constituyen.

A continuación se describen las principales funciones:

- **Filtros**

Son elementos necesarios en toda instalación neumática correctamente concebida, aún cuando se haya hecho tratamiento del aire a la salida del compresor o del depósito, este no impedirá la llegada a los puntos de consumo de partículas de óxido ni de pequeñas cantidades de condensado provenientes de las redes de distribución.

El aire de red ingresa al filtro dirigiéndose luego hacia la parte inferior, encontrando un deflector en forma de turbina que modifica la forma de la corriente haciéndola rotar. Esta rotación separa por centrifugado las partículas más pesadas: gotas de agua, emulsión en agua - aceite, cascarillas de óxido, etc.

Desprovisto de las impurezas más gruesas, el aire avanza hacia la salida pasando obligatoriamente por un filtro sinterizado o de fibras sintéticas, capaz de retener las partículas sólidas no precipitadas en el filtro ciclónico. Se disponen de variados rangos de filtración, expresados en micrones.

- **Reguladores de presión**

Un regulador de presión, instalado en la línea después de filtrar el aire, cumple las siguientes funciones:

- Evitar las pulsaciones provenientes del compresor.
- Mantiene una presión constante e independiente de la presión de la línea y del consumo de los distintos equipos instalados
- Evitar un excesivo consumo por utilizar presiones de operación mayores que las necesarias para los equipos.

Su funcionamiento se basa en el equilibrio de fuerzas sobre una membrana o pistón, que soporta sobre su parte superior la tensión de un resorte, la que puede variarse a voluntad por la acción de un tornillo de accionamiento manual mediante una perilla. Desequilibrando el sistema por aumento voluntario de la tensión del resorte, la membrana descenderá ligeramente abriendo la entrada de aire a presión. Esta introducción de aire permanecerá hasta que se restablezca el equilibrio perdido, con una presión resultante ligeramente mayor.

- **Lubricadores**

La lubricación de los componentes neumáticos evita el prematuro deterioro de los mismos, provocado por la fricción y la corrosión, aumentando notablemente su vida útil, reduciendo los costos de mantenimiento, tiempos de reparación y repuestos.

Para lubricar componentes y herramientas neumáticas, el método más difundido es dosificar lubricante en el aire que acciona el sistema, atomizándolo y formando una micronebla que es arrastrada por el flujo de aire, cubriendo las superficies internas de los componentes con una fina capa de aceite.

El aire que ingresa a la unidad es obligado a pasar a través de un dispositivo que produce una leve caída de presión, provocando el ascenso del aceite desde el vaso por un tubo hasta el dosificador de lubricante, pudiéndose regular así el goteo. Cada gota de aceite se atomizará en el aire que lo llevará a los distintos elementos que estén conectados a este lubricador. Utilizar siempre el tipo de aceite recomendado para garantizar un óptimo rendimiento de la unidad.

- **Drenajes automáticos**

Son utilizados cuando se desea automatizar la acción de drenaje de condensados de los vasos del filtro, existiendo distintos métodos para poder hacerlo

### ▪ **Drenaje automático por flotador**

El drenaje de los condensados se logra a través de una válvula se abre automáticamente al alcanzarse cierto nivel de condensados, elevando un flotador y permitiendo que la corriente de aire entrante fuerce la evacuación de los condensados.

### ▪ **Drenaje semiautomático por caída de presión**

El drenaje de los condensados se logra cuando cae la presión de la línea, por ejemplo al fin de la jornada laboral.

### ▪ **Drenaje por temporizado por electroválvula**

El drenaje de los condensados se logra a través de una electroválvula temporiza los tiempos de drenaje así como también el de pausa, es decir el intervalo entre aperturas. Ambos intervalos son regulables.

## **4.3.2.4 SOFTWARE FESTO DE INGENIERÍA Y SELECCIÓN DE ELEMENTOS NEUMÁTICOS**

El cálculo de los cilindros y más implementos neumáticos están basados en el software y catálogos de cálculo FESTO con elementos que existen en el país.

### • **Datos iniciales:**

- **Tipo de Pistón:** Doble Efecto. Requerimiento para optimo control de movimiento.
- **Masa a desplazar:** 0.094 Kg. Este es el peso del accesorio tipo compuerta que tendrá el cilindro neumático, no existe fuerza de impacto ni fuerza de rozamiento adicional.

- **Tiempo de posicionamiento:** 0,5 s con válvula de estrangulación de retención.
- **Longitud de carrera requerida:** 20 mm pero con vástago de 80 mm por la ubicación
- **Ángulo de instalación:** 0°
- **Presión de funcionamiento:** 6 bar
- **Dimensión de manguera de RFL a válvula:** 1,0 m
- **Dimensión de manguera de válvula a cilindro:** 1,0 m

- **Procedimiento:**

Ingresamos a la página web: "http://www.festo.com/cat/es\_es/products\_010200" y damos clic en INGENIERÍA.



**Figura 135. Página de productos e ingeniería FESTO**

**Fuente:** (FESTO)

Paso siguiente, se selecciona el Tipo de cilindro y luego continuar.

### Seleccionar categoría de actuador

¿Qué deberá simularse? Elegir categoría de actuador

Continuar >

Cilindro con vástago de simple efecto



Cilindro de doble efecto



**Cilindro de doble efecto**  
 Accionamientos para cada aplicación  
 Festo ofrece muchas ideas para soluciones con cilindros  
 Cilindros normalizados, cilindros de carrera corta, cilindros compactos ...  
 Festo siempre ofrece la solución apropiada



Continuar >

**Figura 136. Selección de Tipo de cilindro**

**Fuente: (FESTO)**

Paso siguiente, se ingresan los datos iniciales solicitados y luego continuar.

**1. Parámetros del sistema**

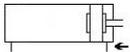
2. Selección de los cilindros

3. Sistema

4. Simulación

5. Lista de piezas

### Los parámetros del sistema - base para la selección



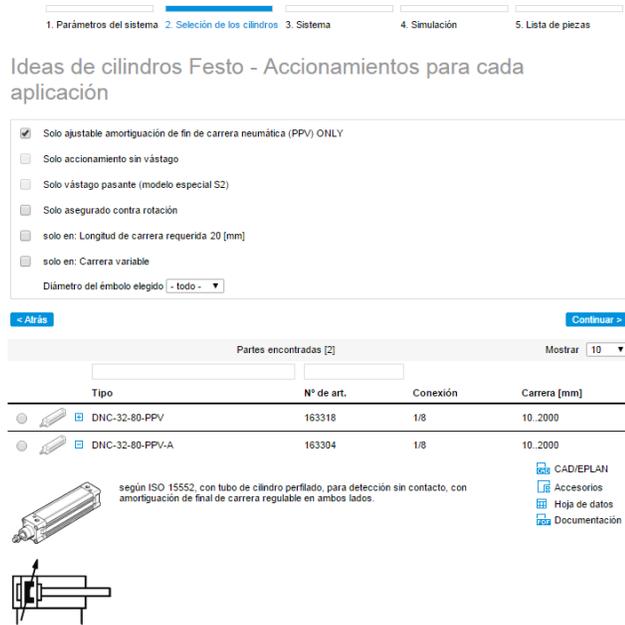
<b>tiempo de posicionamiento esperado</b>	quiero alcanzar este tiempo de posicionamiento.	0,5 s
<b>Regulación básica del cilindro</b>	<input checked="" type="checkbox"/> .. Con válvula de estrangulación de retención	
	Longitud de carrera requerida	20 mm
	Ángulo de instalación	0 deg
<b>Alimentación de aire comprimido</b>	Dirección del movimiento	<input type="radio"/> extender <input checked="" type="radio"/> retirar
	Presión de funcionamiento	6 bar
<b>Regulaciones de la carga</b>	Largo del tubo flexible	1 m
	Equipo de mantenimiento > Válvula / Válvula > Cilindro	1 m
	Masa en movimiento	0,094 kg
	fuerza de impacto adicional	0 N
	fuerza de fricción adicional	0 N

Continuar >

**Figura 137. Parámetros del sistema**

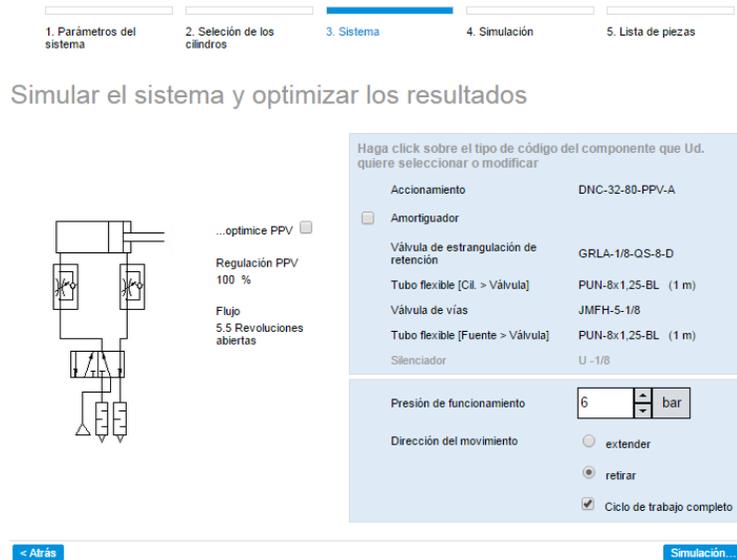
**Fuente: (FESTO)**

Paso siguiente, se selecciona un tipo de cilindro optimo para la aplicación tomando en cuenta que los datos iniciales.



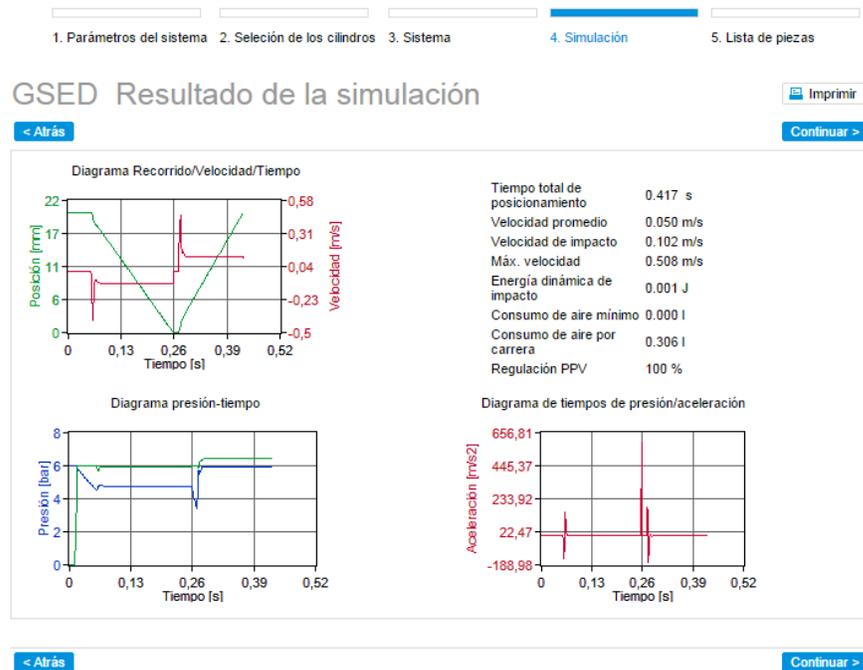
**Figura 138. Selección de cilindro**  
Fuente: (FESTO)

Paso siguiente, se identifica los componentes sugeridos del circuito neumático, y posteriormente clic en simular.



**Figura 139. Simulación de sistema**  
Fuente: (FESTO)

Una vez simulado, se puede apreciar que los resultados, los cuales son muy satisfactorios de acuerdo a la necesidad de la aplicación.



**Figura 140. Resultados de simulación**

**Fuente: (FESTO)**

Una vez validada la simulación con el requerimiento de la aplicación, se muestra el listado de piezas.

1. Parámetros del sistema 2. Selección de los cilindros 3. Sistema 4. Simulación 5. Lista de piezas

### Lista de piezas

[Colocar en la cesta de compra](#) [Imprimir](#)

<input type="checkbox"/>	Tipo	Denominación	Nº de art.	
<input type="checkbox"/>	DNC-32-80-PPV-A	Cilindros normalizados	163304	<a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	GRLA-1/8-QS-8-D	Válvula de estrangulación y antirretorno	193145	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	PUN-8X1,25-BL	Tubo flexible de material sintético	159666	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	QS-1/8-8	Racor rápido roscado	153004	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	JMFH-5-1/8	Electroválvula	8820	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	U-1/8	Silenciadores	2307	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	QS-1/8-8	Racor rápido roscado	153004	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>
<input type="checkbox"/>	PUN-8X1,25-BL	Tubo flexible de material sintético	159666	★ <a href="#">Info</a> <a href="#">Ficha</a>

[< Atrás](#) [Cerrar](#)

**Figura 141. Lista de piezas**

**Fuente: (FESTO)**

- **Cilindros normalizados: DNC-32-80-PPV-A**

**TABLA 43****CARACTERÍSTICAS DE CILINDRO DNC-32-80-PPV-A**

Características	Propiedades	Unidades
Carrera	80	mm
Diámetro del émbolo	32	mm
Rosca del vástago	M10x1,25	
Presión de funcionamiento	0,6 ... 12	bar
Fluido	Aire comprimido según ISO8573-1:2010 [7:4:4]	
Temperatura ambiente	-20 ... 80	°C
Forma de funcionamiento	De efecto doble	
Energía del impacto en las posiciones finales	0,1	J
Carrera de amortiguación	20	mm
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	415	N
Fuerza teórica con 6 bar, avance	483	N
Masa móvil con carrera de 0 mm	162	g
Peso adicional por 10 mm de carrera	30	g
Peso básico con carrera de 0 mm	517	g
Masa adicional por 10 mm de carrera	9	g

**Fuente:** (FESTO)

El cilindro tiene una carrera de 80 mm por lo que se realizará un corte en la camisa del cilindro para dejarlo con una carrera de 20 mm y un vástago de 80 mm.

- **Electroválvula: JMFH-5-1/8**

**TABLA 44****CARACTERÍSTICAS DE ELECTROVÁLVULA JMFH-5-1/8**

Características	Propiedades	Unidades
Función de las válvulas	5/2 biestable	
Tipo de accionamiento	eléctrico	
Caudal nominal normal	600	l/min
Presión de funcionamiento	1,5 ... 8	bar
Fluido	Aire comprimido según ISO8573-1:2010 [7:4:4]	
Diámetro nominal	5	mm
Temperatura del medio	-10 ... 60	°C
Temperatura ambiente	-5 ... 40	°C
Patrón	27	mm
Función de escape	Estrangulable	
Cambio del tiempo de conmutación	10	ms
Peso del producto	260	g

**Fuente:** (FESTO)

La electroválvula es la que recomienda FESTO para el correcto funcionamiento de cilindro de doble efecto, por lo que se toma como aprobado para su control.

- **Cálculos adicionales**

- **Fuerza**

El cálculo de fuerza es innecesario en la aplicación dado que el cilindro neumático no aplicará esfuerzo sobre alguna superficies, es decir, solo permitirá abrir o cerrar la compuerta de rechazo de munición de acuerdo al control proporcionado por la electroválvula JMFH-5-1/8.

- **Consumo de aire**

Para calcular el consumo de aire se usará la ecuación ...

El sistema neumático de la máquina va a trabajar con 6 Bares por lo tanto.

$$Q = \frac{\pi * 32^2 * 20 * 7 * 2 * 10^{-6}}{4}$$

$$Q = 0,0225 \text{ l} \quad (\text{Resp. 4.2})$$

El valor calculado de consumo de aire es de 0,0225 l, este valor es menor al valor de la simulación indicado en la figura que es 0.306 l, dado que en la simulación se toman en cuenta mas parámetros como son flujo de aire, amortiguación, perdidas en el pistón, electroválvula, tubería, entre otros.

- **Pandeo**

Como la longitud de carrera y la fuerza que se requiere para sacar accesorio tipo compuerta es mínima entonces no presentan problemas de pandeo en el vástago del cilindro.

### ▪ Caudal de accionamiento de cilindro

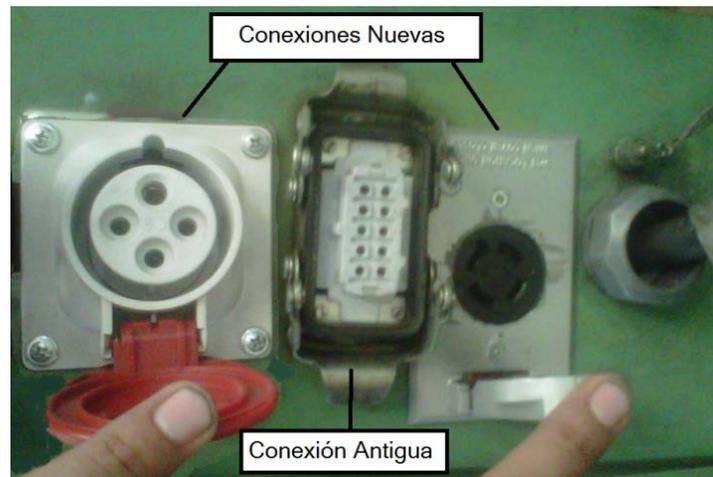
El caudal normal requerido para el accionamiento de un cilindro neumático, dependerá en general del caudal requerido por el accionamiento, el que a su vez dependerá del tamaño del cilindro, la velocidad de su accionamiento y de la presión de operación

$$Qr = \frac{0,0028 * 3,2^2 * 2 * (6 + 1,013)}{0,5}$$

$$Qr = 0,804 \frac{Nm^3}{h} \quad (\text{Resp. 4.3})$$

## 4.4 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema electrónico es parte importante de la tesis, dado que está conformada por la parte de control y de potencia integrado en un tablero de control independiente, alimentado desde el tablero de control principal de la máquina de pesaje PC56; las conexiones originales de este tablero con la antigua banda transportadora no autónoma se mantienen por requerimiento de la empresa por lo que se hicieron nuevas conexiones para la banda transportadora autónoma.



**Figura 142. Conexiones de tablero principal**

El tablero de control de la banda transportadora autónoma está dividida en dos partes bien marcadas:



**Figura 143. Tablero de Control**

#### **4.4.1 SISTEMA DE CONTROL**

El sistema de control llamado también de baja potencia o de corrientes débiles, permite a través de los circuitos electrónicos controlar la conducción (encendido y apagado) de semiconductores de potencia permitiendo el manejo de corrientes y voltajes en aplicaciones de potencia. El sistema de control está conformado por los siguientes elementos:

##### **4.4.1.1 RELÉ DE ESTADO SOLIDO SSR-20DA**



**Figura 144. Relé de estado sólido**

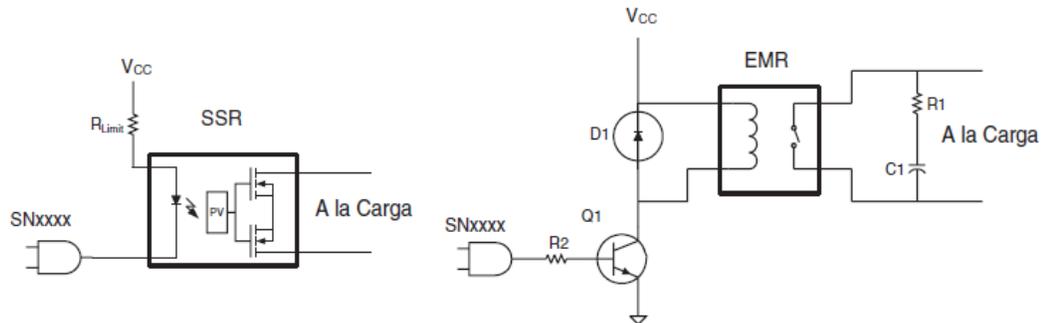
- **Características**

Muchos diseños electrónicos pueden aprovechar mejores prestaciones de los relés de estado sólido (SSR) en relación con los relés electromecánicos (EMR, Electro Mechanical Relays) para desempeñar la misma función en el circuito.

Éstas son algunas de las ventajas de los relés de estado sólido:

- Los SSR son generalmente de menor tamaño que los EMR, ahorrando así un valioso espacio en aplicaciones realizadas sobre placa de circuito impreso
- Los SSR mejoran la fiabilidad del sistema dado que no contienen piezas móviles o contactos que se degraden
- Los SSR proporcionan las prestaciones más avanzadas; no necesitan electrónica de gobierno (driver) y su conmutación no genera rebotes de señal
- Los SSR mejoran los costes del ciclo de vida del sistema, con diseños simplificados con menos requisitos en cuanto a fuentes de alimentación y disipación de calor
- Los SSR utilizan la tecnología de montaje superficial (SMT), lo que significa menores costes y una fabricación más fácil de la placa de circuito impreso SMT.
- Los SSR no generan campos magnéticos a diferencia de los EMR que trabajan con campos magnéticos. Estos campos no se encuentran confinados en el propio relé, por lo que debe tenerse en cuenta la interacción de los campos magnéticos entre componentes electromagnéticos adyacentes en el diseño de placas de circuito impreso.
- El relé puede ser una fuente de ruido en un circuito semiconductor. Esto debe tenerse en consideración cuando se diseñe el posicionamiento del relé y de otros componentes semiconductores en la placa de circuito impreso.
- Dado que no consumen mucha potencia y trabajan con bajas tensiones, los SSR se pueden gobernar directamente mediante circuitos lógicos como los del tipo 74xxx, ahorrando así un nivel en la electrónica de interface.

- Los EMR requieren tensiones de gobierno de la bobina que superan de largo la capacidad de gobierno que son capaces de proporcionar los circuitos lógicos. Como resultado de ello, se precisan componentes adicionales para permitir que los EMR se conecten a circuitos lógicos.



**Figura 145. Comparación de los Circuitos de Gobierno de SSR y EMR**

**Fuente:** (IXYS Integrated Circuits Division, 2013)

El SSR que se usa tiene las siguientes especificaciones:

**TABLA 45**

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE SSR-20 DA**

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>Modelo:</b>	SSR-20 DA
<b>Entrada:</b>	3-32VDC
<b>Salida:</b>	24-380VAC 20A
<b>Color:</b>	Blanco
<b>Control de relé de estado sólido:</b>	ON/ OFF
<b>Indicar Led:</b>	Rojo
<b>Voltaje de funcionamiento:</b>	250V
<b>Disipador de Calor:</b>	Si maneja corrientes superiores a 10 A
<b>Tipo de montaje:</b>	En PC, de 4 pines
<b>Apliacaciones:</b>	Mando a distancia, comunicaciones, sistemas de control automático, equipos electrónicos, etc.

**Fuente:** (CNC CAT)

#### 4.4.1.2 SWITCH O CONMUTADOR TL-SG1005D

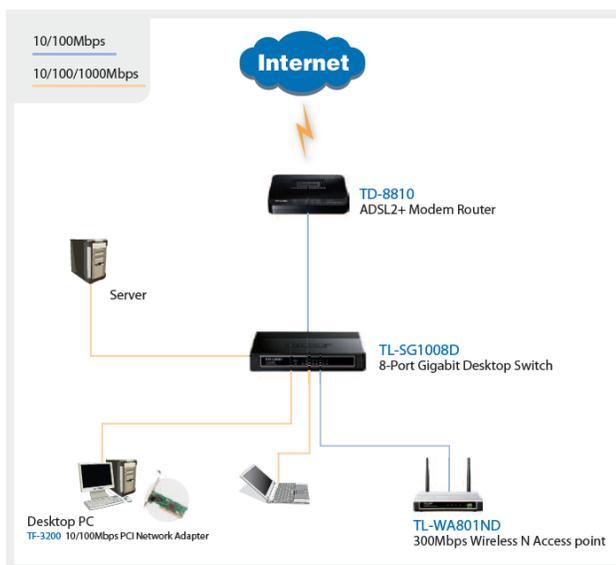


**Figura 146. Switch TL-SG1005D instalado en el tablero de control**

- **Características:**

Este es un dispositivo digital lógico de interconexión de equipos es responsable de la transferencia fiable de información a través de un circuito de transmisión de datos, es decir, conecta múltiples redes fusionándolas en una sola, mejorando el rendimiento y la seguridad de las redes de área local.

El Switch TL-SG1005D le proporciona un alto rendimiento, bajo costo, fácil de usar, sin fallas y un estándar actualizado para mejorar antigua red a 1000Mbps. Los 5 puertos soportan auto MDI/MDIX no hay necesidad de preocuparse por el tipo de cable. Tiene tecnología de eficiencia energética, el TL-SG1005D puede ahorrar hasta un 75% del consumo de energía.



**Figura 147. Diagrama de conexión al switch TL-SG1005D**

**Fuente:** (5/8-Port Gigabit Desktop Switch, 2010)

- **Especificaciones:**

- 5 puertos 10/100 / 1000Mbps Auto detección RJ45 apoyo Auto MDI / MDIX.
- Soporta control de flujo IEEE 802.3x para modo dúplex completo y contraflujo para modo semidúplex.
- Auto-MDI/MDIX elimina la necesidad de cable cruzado.
- Sin bloqueo arquitectura de conmutación que remite y filtra paquetes a velocidad de cable para un máximo rendimiento.
- Soportes para tramas gigantes de hasta 9KB.
- Soporta la tecnología Green Ethernet para implementar características de ahorro de energía.
- Cumple con los estándares TIA/EIA-568-B. (Estándares que tratan el cableado comercial para productos y servicios de telecomunicaciones.)
- Indicadores LED para monitorear la potencia, enlace, velocidad y actividad
- Alimentación Adaptador de energía externo

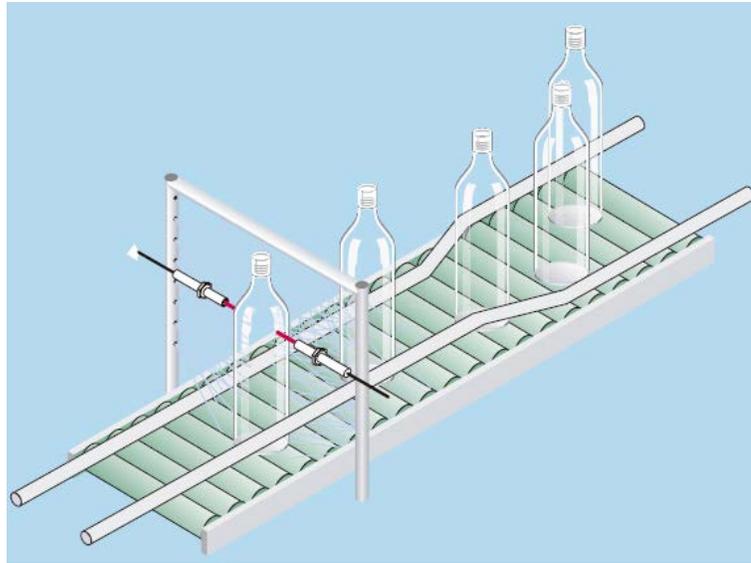
#### 4.4.1.3 DETECTOR FOTOELÉCTRICOS WLL170-2N132



**Figura 148. Sensor fotoeléctrico WLL170-2N132**

En el desarrollo de esta tesis se utiliza este tipo de elemento por tal razón se explica su forma de operación.

Este sistema es apropiado para detectar objetos en movimiento, pues este tipo de sensores tienen un emisor y un receptor, que pueden ser en el espectro de la luz visible o invisible, y la señal emitida puede llevar algún tipo de modulación, además este sensor es de tipo óptica alineada.

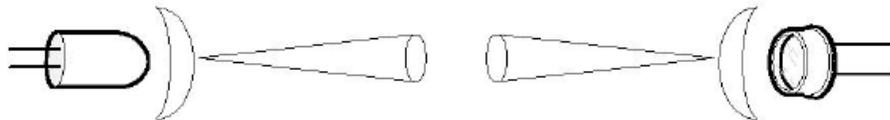


**Figura 149. Aplicación sensor fotoeléctrico en detección de botellas**

**Fuente:** (Sensick catalogue, 2006)

- **Óptica alineada**

Son de muy bajo costo de electrónica, pero caros porque las lentes deben de ser de buena calidad. Se usan para montaje a la intemperie pero, además necesitan filtros para evitar accionamientos inesperados. Permiten cubrir grandes distancias, pero se dificulta su alineación.



**Figura 150. Sensor de tipo óptica alineada**

**Fuente:** (Curso 2001, 2001)

Para evitar esto, se modula la luz con una señal codificada, y además, se trabaja en bandas no visibles. Tal vez con esto, las distancias sean mucho menores, pero se garantiza evitar señales intempestivas. Se usan en control de perímetro.

TABLA 46

## ESPECIFICACIONES DEL SENSOR WLL170-2N132

<b>Rango de barrido:</b>	0 ... 4000 mm
<b>Fuente de luz:</b>	LED
<b>Tipo de luz:</b>	Luz roja, 660 nm (Promedio de vida de servicio de 100.000 horas a 25 ° C)
<b>Ángulo de aprox dispersión:</b>	65 °
<b>Voltaje de Alimentación Vs:</b>	10 ... 30 V DC
<b>Consumo de energía:</b>	≤ 30 mA, no podrá ser superior o no llegan a Vs
<b>Salidas de conmutación:</b>	NPN: colector abierto: Q
<b>Modo de conmutación:</b>	Cambio de Luz / oscuro, conmutable
<b>Corriente de salida Ia max:</b>	≤ 100 mA
<b>Tiempo de respuesta:</b>	≤ 0.25 ms
<b>Circuito de protección:</b>	Protección de conexión Vs por inversión de polaridad
	Entradas y salidas a prueba de cortocircuito
	Supresión de impulsos de interferencia
	Protegido para salidas de sobrecorriente y cortocircuito
<b>Material de encapsulado:</b>	ABS / PC
<b>Grado de protección :</b>	IP 66
<b>Temperatura ambiente de operación:</b>	-25°C ... +55°C
<b>Peso:</b>	Aprox. 70 g

Fuente: (Sensick catalogue, 2006)

- **Cable de fibra óptica ll3-tb02**

El sensor fotoeléctrico tiene como accesorio un cable de fibra óptica extensible que complementa este sistema de óptica alineada:



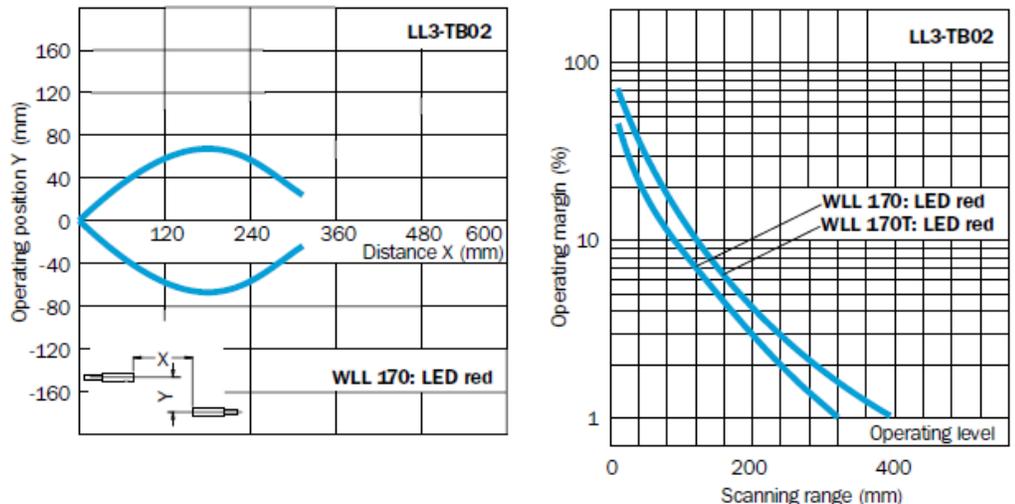
Figura 151. Cable de fibra óptica LL3-TB02

TABLA 47

## MATERIALES QUE CONFORMAN EL CABLE LL3-TB02

<b>Cable de fibra óptica tipo barrera: LL3-TB02</b>	
<b>Núcleo:</b>	PMMA,
<b>Cubierta:</b>	PE;
<b>Terminales:</b>	Acero inoxidable, resistente a la oxidación y ácidos

Fuente: (Sensick catalogue, 2006)

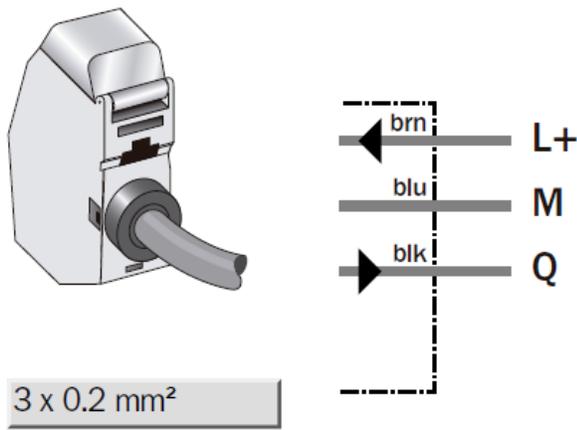


**Figura 152. Curvas características (WLL 170) para cables de fibra óptica LL3**

**Fuente:** (Sensick catalogue, 2006)

• **Tipo de conexión del sensor fotoeléctrico**

El sensor tiene 3 cables de conexión:



L+	Conexión positiva de fuente de alimentación
M	Salida de Señal de sensor
Q	Conexión tierra de fuente de alimentación

**Figura 153. Tipo de conexión de sensor WLL170-2N132**

**Fuente:** (Sensick catalogue, 2006)

#### 4.4.1.4 SENSOR REED SWITCH DE PROXIMIDAD SME-8K-LED-230



**Figura 154. Reed switch SME-8K-LED-230**

**Fuente:** (FESTO, 2014)

Un sensor reed switch o interruptor de lengüeta es un interruptor eléctrico activado por un campo magnético. Este es insertable en la ranura longitudinal y al ras del perfil del cilindro. Cuando los contactos están normalmente abiertos se cierran en la presencia de un campo magnético; cuando están normalmente cerrados se abren en presencia de un campo magnético.

**TABLA 48**

#### ESPECIFICACIONES DE SENSOR SME-8K

<b>Tipo</b>	SME-8K-LED-230
<b>Rango de voltaje de operación</b>	5 ... 30V DC
<b>Tipo de contacto</b>	Normalmente abierto con cable de 3 hilos
<b>Diseño</b>	Para ranura tipo en T
<b>Bajo Norma</b>	EN 60947-5-2
<b>Tiempo de conexión</b>	0,5 ms
<b>Tiempo de desconexión</b>	0,03 ms
<b>Máxima frecuencia de conmutación</b>	800 Hz
<b>Máxima salida de corriente</b>	500 mA
<b>Máxima capacidad de conmutación DC</b>	10 W
<b>Caída de tensión</b>	0 V
<b>Protección de polaridad inversa</b>	No
<b>Conexión eléctrica</b>	Cable, 3 alambres
<b>Dirección de conexión</b>	Unidireccional
<b>Materiales de la cubierta del cable</b>	Poliuretano termoplástico
<b>Indicador de status de conmutación</b>	Led amarillo
<b>Temperatura Ambiente con instalación de cable flexible</b>	-5 ... +60 °C
<b>Grado de protección</b>	IP 65

**Fuente:** (FESTO, 2014)

## 4.4.2 SISTEMA DE POTENCIA

Un sistema de potencia es una red formada por unidades generadoras eléctricas, cargas y/o líneas de transmisión de potencia, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red. El sistema de potencia está conformado por los siguientes elementos:

### 4.4.2.1 FUSIBLES



**Figura 155. Fusible EBCHQ 10A 500V**

Este es un conductor de un material que se funde a un valor de corriente determinado. Cuando la corriente en un circuito sobrepasa el valor del fusible, éste se rompe, es decir, abre el circuito como si fuera un interruptor, con la diferencia que cuando a cumplido su función debe ser remplazado.

Por eso se utiliza como protección eléctrica.

**TABLA 49**

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUSIBLE EBCHQ

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
<b>Rango de corriente:</b>	10 A
<b>Rango de Voltaje:</b>	500 V
<b>Tipo de Fusible:</b>	Accionamiento normal (gG)
<b>Capacidad de ruptura:</b>	100 kA
<b>Dimensiones:</b>	D: 10,3 mm L: 38 mm
<b>Peso:</b>	0,9 g aprox.
<b>Cumple normas:</b>	IEC269-2-1
<b>Origen:</b>	China

**Fuente:** (LARSSYSTEM, 2014)

#### 4.4.2.2 DISYUNTOR



**Figura 156. Disyuntor miniatura YCL7-63**

El disyuntor se utiliza en el sistema de distribución de la iluminación o el sistema de distribución del motor para la protección de sobrecarga y cortocircuito en el sistema.

- **Características:**

- Este interruptor de circuito es neotérica en la estructura.
- Peso ligero
- Fiable y excelente en el rendimiento.
- Marco y las partes del disyuntor adoptan los plásticos de alta resistencia al fuego y a los golpes.
- Larga vida útil
- Uso para protección contra sobrecargas y cortocircuitos, así como para la poca frecuencia de encender y apagar el equipo eléctrico y circuito de iluminación en condiciones normales.
- Los productos cumplen con la norma IEC 60898.

**TABLA 50**

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE DISYUNTOR MINIATURA YCL7-63**

<b>Especificaciones Técnicas</b>	
<b>Modelo:</b>	YCL7-63
<b>Polos:</b>	2
<b>Tensión nominal:</b>	240 VAC
<b>Corriente nominal:</b>	32A
<b>Capacidad de ruptura:</b>	10 kA
<b>Vida eléctrica:</b>	10, 000 veces
<b>Marca:</b>	CNC o OEM

**Fuente:** (CNC ELECTRIC GROUP CO. LTD., 2005-2010)

### 4.4.2.3 MOTOR

El motor usado en un sistema VFD es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento del VFD.(variador de frecuencia).

- **Weg w22 high efficiency**

El motor tiene las siguientes características:

Código de motor:	11565383
Número de fases:	3 ~
Tensión nominal de operación:	220 V
Regimen de servicio:	Continuo
Eficiencia :	IE1 - 78,2%
Tamaño de carcasa:	80
Grado de protección:	IP55
Clase de aislamiento:	F - 115°C
Frecuencia:	60 Hz
Potencia nominal del motor:	0,75 kw / 1 HP
Velocidad nominal de motor RPM:	1730
Corriente nominal de operación:	3,07 A
Factor de potencia:	0,82
Temperatura ambiente máxima:	40°C
Factor de servicio:	1,15
Peso de motor:	12,5 Kg
Certificación:	VDE 0530 - IEC60034
Número serial:	1014367832

**Figura 157. Información de Motor W22 High Efficiency**

**Fuente:** (WEG Equipamentos Elétricos S.A., 2013)

### ▪ Características:

- La capacidad de sobrecarga del motor es capaz de soportar una corriente igual a 1,5 veces la corriente nominal por no menos de 2 minutos.
- El Grado de protección es IP55, es decir, que la entrada de polvo no puede evitarse, pero al mismo este no entrará en tal cantidad que no interferirá con el correcto funcionamiento del equipamiento, y no debe entrar agua arrojada a chorro (desde cualquier ángulo) por medio de una boquilla de 6,3 mm de diámetro, a un promedio de 12,5 litros por minuto y a una presión de 30kN/m<sup>2</sup> durante un tiempo que no sea menor a 3 minutos y a una distancia no menor de 3 metros.
- El factor de servicio es de 1,15, por lo cual nos permitirá tener un reserva de temperatura que puedan operar con un suministrando continuamente, manteniendo hasta 3000 m.s.n.m. su la potencia nominal.
- Todos los motores W22 son bobinados con un sistema de aislamiento que consiste de alambres esmaltados atendiendo a temperaturas hasta 200°C e impregnación con resina libre de solventes por lo que este sistema también permite la operación con convertidores de frecuencia
- El estator bobinado de los motores W22 es suministrado con aislación térmica clase F y está apto tanto para el arranque directo de la red cuanto para accionamiento por convertidor de frecuencia.
- El motor de inducción puede tener un aumento de temperatura mayor, cuando es alimentado por convertidor de frecuencia, que cuando es alimentado con tensión sinusoidal. Esta sobre elevación de temperatura es decurrente de la combinación de dos factores: el aumento de pérdidas ocurrido en el motor, en función de las componentes armónicas de la tensión PWM suministrada por el convertidor, y la reducción de la eficacia del sistema de enfriamiento, cuando la operación del motor autoventilado es a bajas frecuencias. Básicamente la soluciones para evitar el sobrecalentamiento del motor es la utilización de un sistema de enfriamiento independiente (ventilación forzada).



*Carcasa 63 a 132*

**Figura 157. Motor Weg W22 Carcasa 80**

**Fuente:** (WEG Equipamentos Eléctricos S.A., 2013)

- **Ventilación forzada**

Dado que el motor trabajará a muy bajas revoluciones, este no tendrá el suficiente flujo de aire para poder enfriarse y mantener sus características eléctricas, por lo que se usará un sistema de ventilación forzada independiente al del motor, satisfaciendo las necesidades de disipación de calor.

**TABLA 51**

**CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS**

Características Eléctricas	
Voltaje de Trabajo (V)	230
Frecuencia (Hz)	60
Flujo de Aire (m <sup>3</sup> /h)	55
Corriente (A)	0,12
Potencia (W)	19
Nivel de dB (A)	45
Rango de Temperatura (°C)	-10 / 55
Eficiencia	69%

**Fuente:** (Leipold Electric Co., 2009)



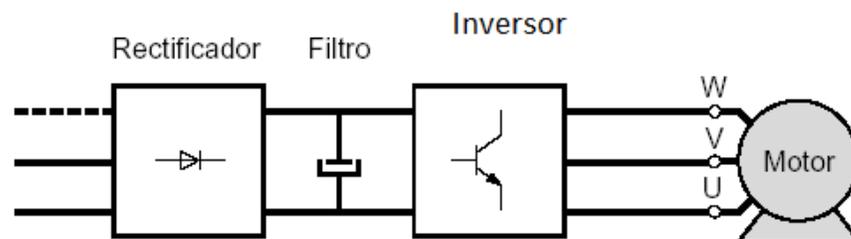
**Figura 158. Sistema de Ventilación Forzada Leipold FK 6622 230**  
(Leipold Electric Co., 2009)

El flujo de aire de 55 m<sup>3</sup>/h, es suficiente para suplir las necesidades de enfriamiento del motor permitiéndolo estar dentro del rango óptimo de funcionamiento.

#### 4.4.2.4 VARIADOR DE FRECUENCIA

Este elemento es un sistema para controlar la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna(AC) por medio de la variación de la frecuencia de alimentación suministrada al motor.

Un sistema de variador de frecuencia (VFD) consiste generalmente en un motor de CA un controlador y una interfaz operadora. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores.



**Figura 159. Diagrama de Variador de Frecuencia**

**Fuente:** (Los Beneficios Del Variador De Frecuencia)

El uso de convertidores de frecuencia añade un enorme potencial para el ahorro de energía disminuyendo la velocidad del motor en muchas aplicaciones.

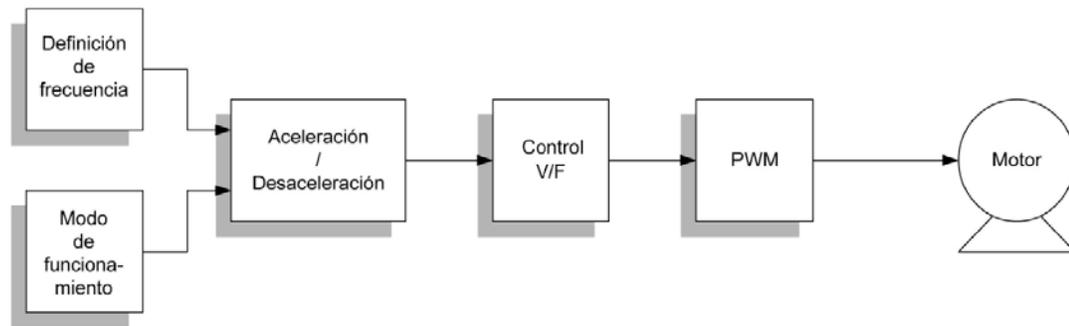
Además aportan los siguientes beneficios:

- Mejora el proceso de control y por lo tanto la calidad del producto.
- Se puede programar un arranque suave, parada y freno (funciones de arrancador progresivo).
- Amplio rango de velocidad, par y potencia. (velocidades continuas y discretas).
- Bucles de velocidad.
- Puede controlar varios motores.
- Factor de potencia unitario.
- Capacidad de by-pass ante fallos del variador.
- Protección integrada del motor.
- Marcha paso a paso.

### • Principio de funcionamiento

- Se alimenta al equipo con un voltaje de corriente alterna (AC)
- El equipo primero convierte la AC en corriente directa (DC), por medio de un puente rectificador (diodos o SCRs), este voltaje es filtrado por un banco de capacitores interno, con el fin de suavizar el voltaje rectificado y reducir la emisión de variaciones en la señal
- En la etapa de inversión, la cual está compuesta por transistores (IGBT), que encienden y apagan en determinada secuencia (enviando pulsos) para generar una forma de onda cuadrada de voltaje de DC a un frecuencia constante y su valor promedio tiene la forma de onda sinusoidal con la frecuencia que se aplica al motor.
- Para variar la velocidad de un motor AC se requiere tanto la variación proporcional del voltaje como de la frecuencia, es decir, si un motor está diseñado para trabajar a 240 voltios a 60 Hz, el voltaje aplicado debe reducirse a 120 volts cuando la frecuencia es reducida a 30 Hz. Así la relación de

voltios/hertzios deben ser regulados en un valor constante ( $240/60 = 4 \text{ V/Hz}$  en este caso). Para un funcionamiento óptimo, otros ajustes de voltaje son necesarios, pero nominalmente la constante es V/Hz como regla general.



**Figura 160. Diagrama de bloques de control de variador de frecuencia**

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

- **Variador de frecuencia sv008iga-2**

- **Información básica**

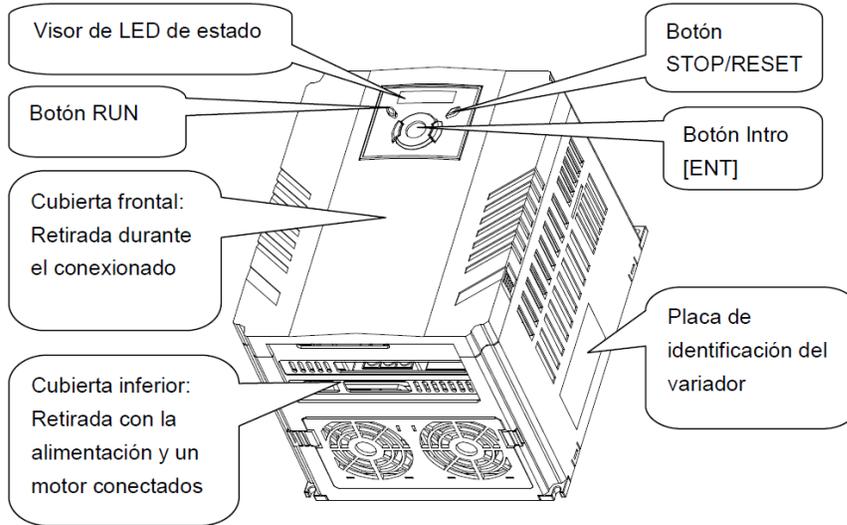
En las siguientes figuras se puede apreciar las características básicas del variador de frecuencia:

**TABLA 52**

**GRUPO DE PARÁMETROS**

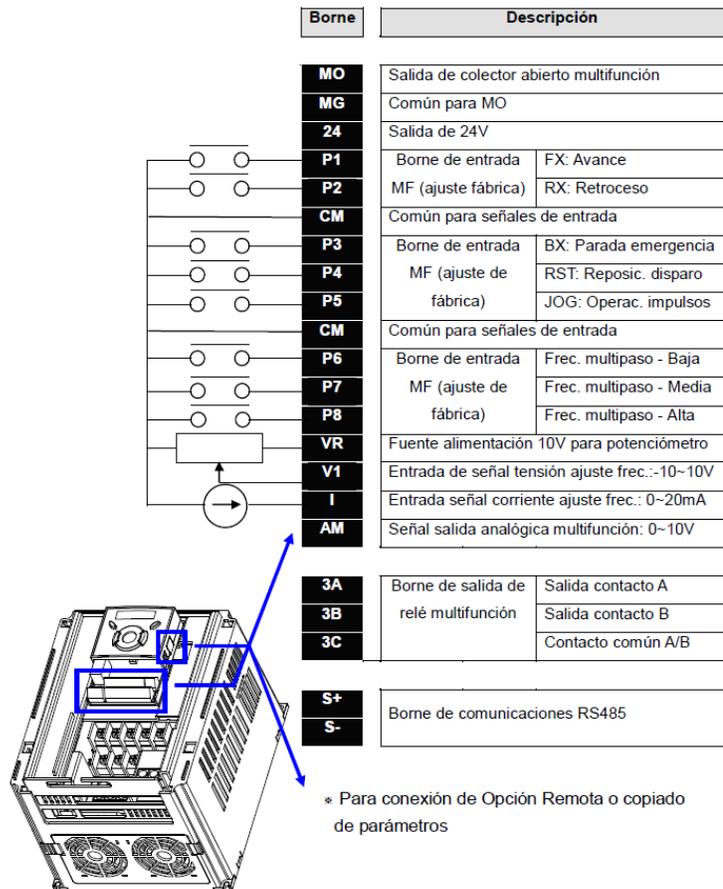
SV00iG5A-2		008
Potencia nominal del motor	[HP]	1
	[kW]	0,75
Salida	Capacidad nominal [kVA]	1,9
	FLA [A]	5
	Frecuencia máxima [Hz]	400
	Tensión nominal [V]	Trifásico 200 ~ 230
Entrada	Tensión nominal [VCA]	Trifásico 200 ~ 230 (+10%, -15%)
	Frecuencia nominal [Hz]	50 ~ 60 (+- 5%)
Método de enfriamiento		Convención natural
Peso [kg]		0,77

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)



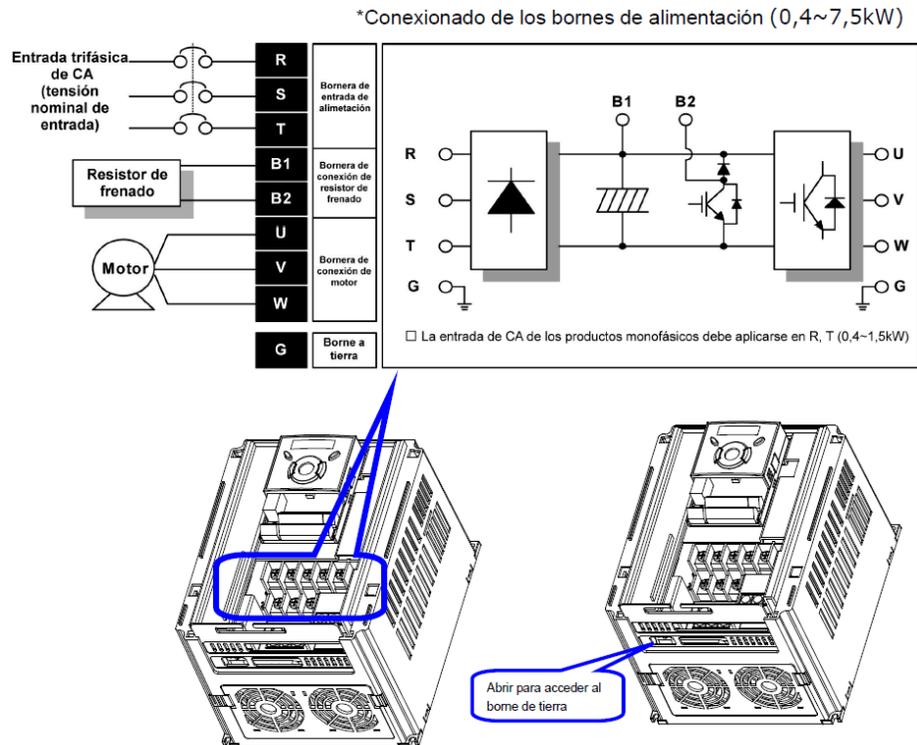
**Figura 161. Apariencia del VFD vista externa**

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)



**Figura 162. Vista del interior conexión de bornes (E/S de control)**

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)



**Figura 163. Conexión de los bornes de alimentación y de tierra**  
**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

▪ **Configuración básica**

Los siguientes dispositivos son necesarios para operar el variador de manera apropiada y deben ser conectados correctamente para garantizar el funcionamiento adecuado.

**TABLA 53**

**CONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS PERIFÉRICOS AL VARIADOR**

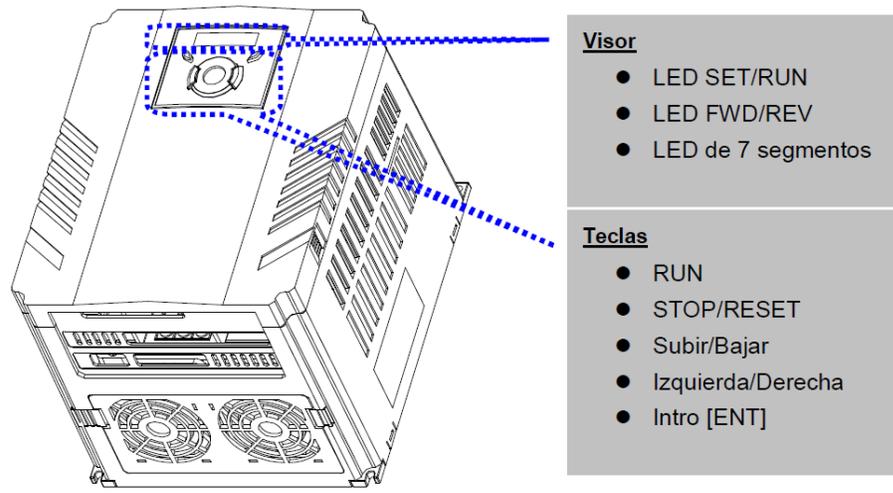
	Fuente de alimentación de AC	<b>La fuente de alimentación debe estar dentro del rango permisible de potencia de entrada del variador: 200~230V</b>
	<b>Fusibles</b>	Los fusibles de entrada de AC deben ser de 10A y tensión de 500V.

Continua →

	<p><b>Interruptor diferencial</b></p>	<p>El interruptor debe rango de corriente nominal: 30 A, con un poder de corte ultimo Icu:10 kA, con una tensión asignada de empleo Ue: 600 V y poder de corte de servicio en cortocircuito %Icu: 50,</p>
	<p><b>Instalación y conexionado</b></p>	<p>Para operar el variador con un elevado rendimiento durante mucho tiempo instálelo en un lugar adecuado, con la orientación correcta y el despeje apropiado. El conexionado incorrecto de los bornes podría dañar el equipo.</p>
	<p><b>Motor</b></p>	<p>No conecte capacitor para corrección de factor de potencia, supresor de sobretensiones transitorias o filtro RFI en el lado de salida del variador.</p>

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

▪ **Teclado de programación y operación básica**



**Figura 164. Características de teclado**

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

TABLA 54

## ELEMENTOS DE VISOR

FWD	Encendido durante el avance	Parpadea cuando ocurre un fallo
REV	Encendido durante el retroceso	
RUN	Encendido durante el funcionamiento	
SET	Encendido durante la definición de parámetros	
7 segmentos	Muestra el estado de funcionamiento e información de los parámetros	

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

TABLA 55

## ELEMENTOS DE TECLADO

RUN	Comando de funcionamiento	
STOP / RESET	STOP: Comando para detener el funcionamiento	
	RESET: Comando para reposición cuando se produce un fallo	
▲	Subir	Permite desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro
▼	Bajar	Permite desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro
◀	Izquierda	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro
▶	Derecha	Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro
●	Intro	Permite definir el valor de un parámetro o guardar el valor modificado del parámetro

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

Hay cuatro grupos de parámetros diferentes en el equipo serie SV- iG5A, mostrados a continuación

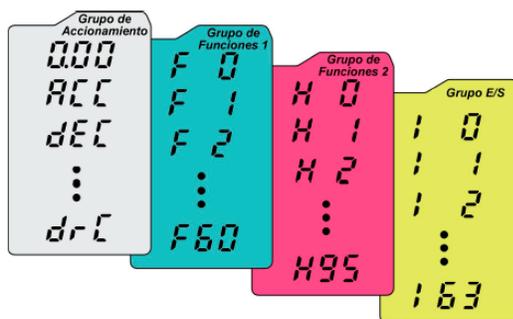


Figura 165. Grupo de parámetros

Fuente: (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

TABLA 56

## GRUPO DE PARÁMETROS

<b>Grupo de accionamiento</b>	Parámetros básicos necesarios para que el variador funcione. Pueden definirse parámetros como la frecuencia de referencia y el tiempo de aceleración/desaceleración.
<b>Grupo de funciones 1</b>	Parámetros de funciones básicas para ajustar la frecuencia y la tensión de salida.
<b>Grupo de funciones 2</b>	Parámetros de funciones avanzadas para definir parámetros como la operación PID y la operación de un segundo motor.
<b>Grupo E/S (Entrada/Salida)</b>	Parámetros necesarios para constituir una secuencia usando los bornes de entrada/salida multifunción.

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

TABLA 57

## MÉTODO DE CONTROL

<b>Método de control</b>	V/f, Control vectorial Sensorless	
<b>Resolución de frecuencia</b>	Comando digital: 0,01 Hz	
	Comando analógico: 0,06 Hz (Frecuencia máxima: 60 Hz)	
<b>Precisión de frecuencia</b>	Comando digital: 0,01% de la frecuencia de salida máxima	
	Comando analógico: 0,1% de la frecuencia de salida máxima	
<b>Características de V/f</b>	V/f lineal, cuadrática, definida por el usuario	
<b>Capacidad de sobrecarga</b>	150% durante 1 minuto	
<b>Refuerzo de par</b>	Refuerzo de par (Boost de torque) manual / automático	
<b>Frenado dinámico</b>	<b>Par de frenado</b>	20%
	<b>Tiempo/%ED</b>	150% cuando se usa resistor de frenado opcional

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

TABLA 58

## MÉTODO DE OPERACIÓN

<b>Método de operación</b>	Teclado/Borne/Comunicación/Teclado remoto seleccionable	
<b>Ajuste de frecuencia</b>	Analógico: 0-10 [V], -10-10 [V], 0-20[mA]	
	Digital: Teclado	
<b>Características de operación</b>	PID, Subir/Bajar(Up/Down), Trifilar(3-hilos)	
<b>Entrada</b>	<b>Borne multifunción P1-P8</b>	NPN/PNP seleccionable
		Función: FWD/REV RUN(Avance/Retroceso), Parada de emergencia, Reposición de fallo, Operación por impulsos(JOG), Frecuencia multipaso-Alta, Media, Baja, Aceleración/Desaceleración multipaso-Alta, Media, Baja, Frenado por inyección de CC en una parada, Selección de 2do motor, Subir frecuencia, Bajar frecuencia, Operación trifilar(3-hilos), Disparo externo A, B, Desvío de operación PID-Variador (V/f), Desvío de operación opción-variador (V/f), 2da fuente, Fijar la frecuencia por el comando analógico, Parada de aceleración/desaceleración, Suprimir Bajar/Subir(Up/Down) frecuencia programada, Avance/Retroceso por impulsos(JOG)
<b>Salida</b>	<b>Borne de colector abierto multifunción</b>	Salida de fallo y salida de estado del variador
	<b>Borne de relé multifunción</b>	24VCC Menor de 50mA (N.O., N.C.) Menos de 250VCA 1A, Menos de 30VCC 1A
	<b>Salida analógica</b>	0-10VCC (Menos de 10mA): Frecuencia, Corriente, Tensión, Tensión del bus de CC seleccionable

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

**TABLA 59****FUNCIÓN DE PROTECCIÓN**

<b>Disparo</b>	Sobretensión, Baja tensión, Sobrecorriente, Sobrecorriente 2, Corriente de fallo a tierra, Sobrecalentamiento del variador, Sobrecalentamiento del motor, Fase de salida abierta, Disparo por sobrecarga, Error de comunicación, Pérdida de comando de frecuencia, Fallo de hardware, Fallo del ventilador, Error del freno.
<b>Alarma</b>	Prevención de entrada en pérdida, Sobrecarga
<b>Pérdida de potencia momentánea</b>	5mseg o menos: Operación continua (debería estar dentro de la tensión nominal de entrada y la potencia nominal de salida) 15mseg o menos: Habilidad de rearmado automático

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

**TABLA 60****AMBIENTE DE OPERACIÓN**

<b>Grado de protección</b>	IP20, UL Tipo 1
<b>Temperatura ambiente</b>	-10°C~50°C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	-20°C~65°C
<b>Humedad</b>	90% HR o menos (sin condensación)
<b>Altitud/Vibración</b>	1.000m o menos, 5,9m/seg <sup>2</sup> (0,6G)
<b>Presión atmosférica</b>	70~106 kPa
<b>Ubicación</b>	Protegido de gas corrosivo, gas combustible, vapor de aceite o polvo

**Fuente:** (Vector Motor Control Ibérica S.L.)

## **4.5 DESARROLLO DE SOFTWARE DE CONTROL**

### **4.5.1 ESTUDIO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN A TRAVÉS DEL LABVIEW**

Para elaborar los algoritmo de control y toma de datos en los proyectos de visión artificial, se consideró que el lenguaje más apto es el LabVIEW (Laboratory Virtual Engineering workbench), y las razones son varias:

- Es muy simple de manejar, debido a que está basado en un nuevo sistema de programación gráfica.
- Es un programa enfocado hacia la instrumentación virtual, por lo que cuenta con numerosas herramientas de presentación, en gráficas, botones, indicadores y controles, los cuales son muy esquemáticos y de gran elegancia. Estos serían complicados de realizar en bases como C++ donde el tiempo para lograr el mismo efecto sería muchas veces mayor.
- Es un programa de mucho poder donde se cuentan con librerías especializadas para manejos de diferentes sistemas como DAQ, Redes, Comunicaciones, Análisis Estadístico, HDMI, SCNI, Comunicación con Bases de Datos (Útil para una automatización de una empresa a nivel total).
- Con este software las horas de desarrollo de una aplicación por ingeniero, se reducen a un nivel mínimo.
- Como se programa creando subrutinas en módulos de bloques, se pueden usar otros bloques creados anteriormente como aplicaciones por otras aplicaciones.
- Es un programa que permite pasar las aplicaciones entre diferentes plataformas y seguir funcionando sin cambio alguno.

### **4.5.2 INTRODUCCIÓN AL LABVIEW**

El LabVIEW es un lenguaje de programación de alto nivel, de tipo gráfico, y enfocado al uso en instrumentación y a la vez como lenguaje de programación, debido a que cuenta con todas las estructuras, que pueden ser usadas para elaborar cualquier

algoritmo que se desee, como en análisis, telemática, juegos, manejo de textos, visión artificial, etc.

Cada programa realizado en LabVIEW será llamado Instrumento Virtual (VI), el cual como cualquier otro archivo ocupa espacio en la memoria del computador.

#### 4.5.2.1 USO DE LA MEMORIA

La memoria es usada en cuatro bloques diferentes como son:

- **El panel frontal:**

Es el espacio en el cual se ve los datos, se manipulan y controlan de manera gráfica.

- **El diagrama de bloques:**

En este se aprecia la estructura del programa, su función y algoritmo, a manera de objetos, donde los datos fluyen a través de líneas.

- **El programa compilado:**

Cuando se escribe en LabVIEW, el algoritmo escrito de forma gráfica no es ejecutable por el computador, por tanto, LabVIEW lo analiza y elabora un código assembler en base al código fuente de tipo gráfico. Esta es una operación automática que ocurre al ejecutar el algoritmo, por tanto no es importante entender como sucede esto.

- **Los datos:**

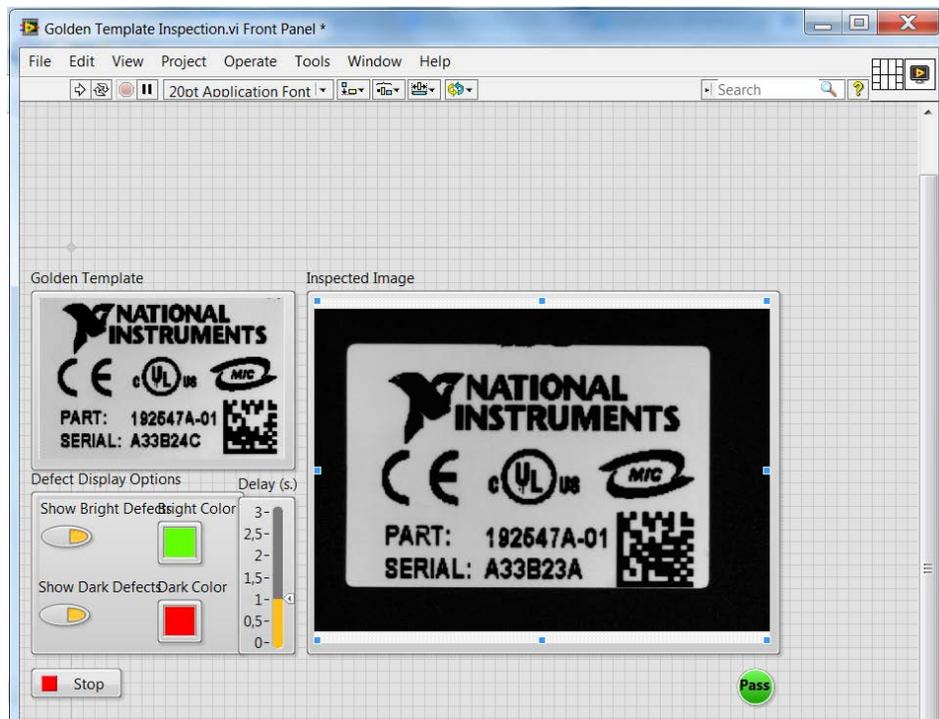
Como el algoritmo maneja datos, requiere de un espacio en memoria para estos, lo que hace que se tome en cuenta en la parte de recursos del ED para poder manejarlos correctamente.

### 4.5.2.2 INSTRUMENTOS VIRTUALES

Un programa creado en LabVIEW es llamado como Instrumento Virtual y consta de tres partes a crear:

- **El panel frontal**

Se ubican todos los indicadores y controles que el usuario podrá ver cuando el programa este en funcionamiento. Por ejemplo botones, perillas, gráficas ,etc.



**Figura 166. El Panel frontal de LabVIEW**

- **El diagrama de bloques**

Se usan en este diagrama estructuras de programación, y flujo de datos entre las diferentes entradas y salidas, a través de líneas. En este las subrutinas son mostradas como iconos de cajas negras, con unas entradas y unas salidas determinadas, donde en el interior se cumple una función específica.

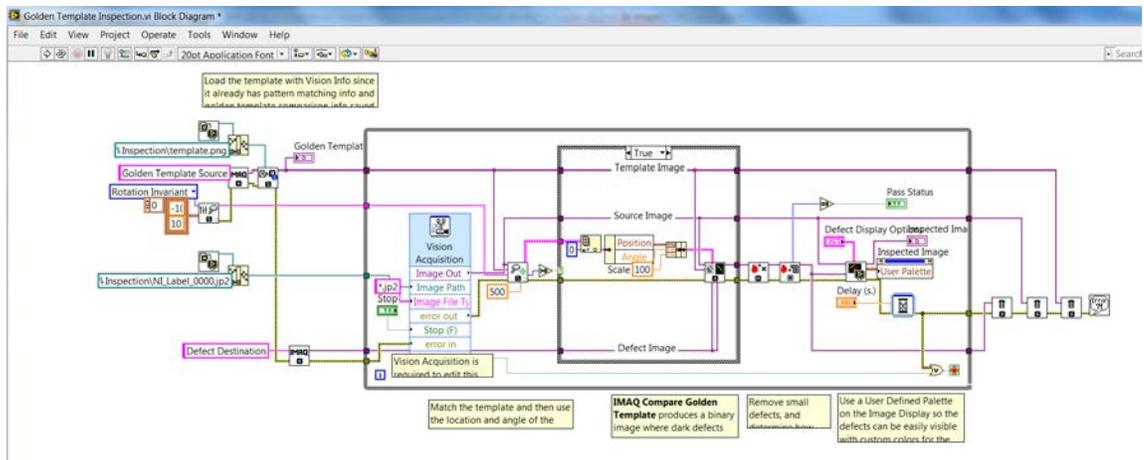


Figura 167. Diagrama de bloques

- **Icono de conexión.**

Se usa para utilizar el programa creado como subrutina en otro programa, donde el icono será la caja negra, y las entradas son las conexiones a los controles del programa subrutina, y las salidas son las conexiones a los indicadores del mismo subprograma.

#### 4.5.2.3 PALETAS DE TRABAJO

Tanto en el panel frontal como en el diagrama de bloques, existe una paleta de herramientas, que sirve tanto para editar el VI, o ejecutarlo según el modo de trabajo que se tenga.



Figura No. 168. Paleta de Ejecución

- **Ejecutar:** Hace que corre una vez el programa. Cuando está ejecutando, se cambia a rayado y aparece un botón de **Stop** con el cual se puede detener el

programa. No es recomendado hacer esto, dado que algunos programas al terminar deben de ejecutar algunas operaciones de cierre, como puede ser en la programación de tarjetas de adquisición de datos, o en el cierre de archivos, por tanto si se usa el botón de stop, este parará el programa totalmente, en el punto en el que se encontraba y no permitirá que complete sus rutinas de cierre, haciendo que ocurran errores y pérdida de información.

Cuando la flecha aparece rota indica que hay un error en el programa. Al hacer clic se muestra una lista de errores, y al hacer clic en cada uno de los errores se apreciará en el diagrama la ubicación de la falla.

- **Corrido sucesivo:** Hace que el programa ejecute una vez tras otra hasta que se le de un paro con el botón de stop.
- **Pausa:** Hace que el programa se detenga momentáneamente para realizar una revisión y para que continúe se da clic en el mismo.

Además de herramientas, LabVIEW tiene una opción habilitada la selección automática de herramientas, el cual selecciona la correspondiente herramienta conforme el cursor del Mouse se mueve sobre los diferentes objetos, tenemos:

- Herramienta de operación (Operating Tool): Cambia los valores de un control o seleccionar el texto dentro de un control.
- Herramienta de posicionamiento / redimensionado (Positioning / Resizing Tool): Selecciona, mueve o redimensiona objetos.
- Herramienta de texto (Labeling Tool): Edita texto o crea etiquetas libremente.
- Herramienta de cableado (Wiring Tool): Cablea los diversos objetos en el diagrama de bloques.
- Ventana de ayuda (Context Help Window): Esta ventana despliega información básica acerca de los objetos de LabVIEW conforme se mueve el cursor sobre cada objeto, pueden ser: VIs, funciones, constantes, estructuras, paletas,

propiedades, métodos, eventos y demás ítems. Además la ventana de ayuda permite determinar exactamente las conexiones de un VI o una función.

#### 4.5.2.4 MENÚ DE TRABAJO

Haciendo clic en los menús superiores se aprecian las aplicaciones necesarias para trabajar con LabVIEW, como grabar o cargar programas, como editarlos, tipos de letra etc.

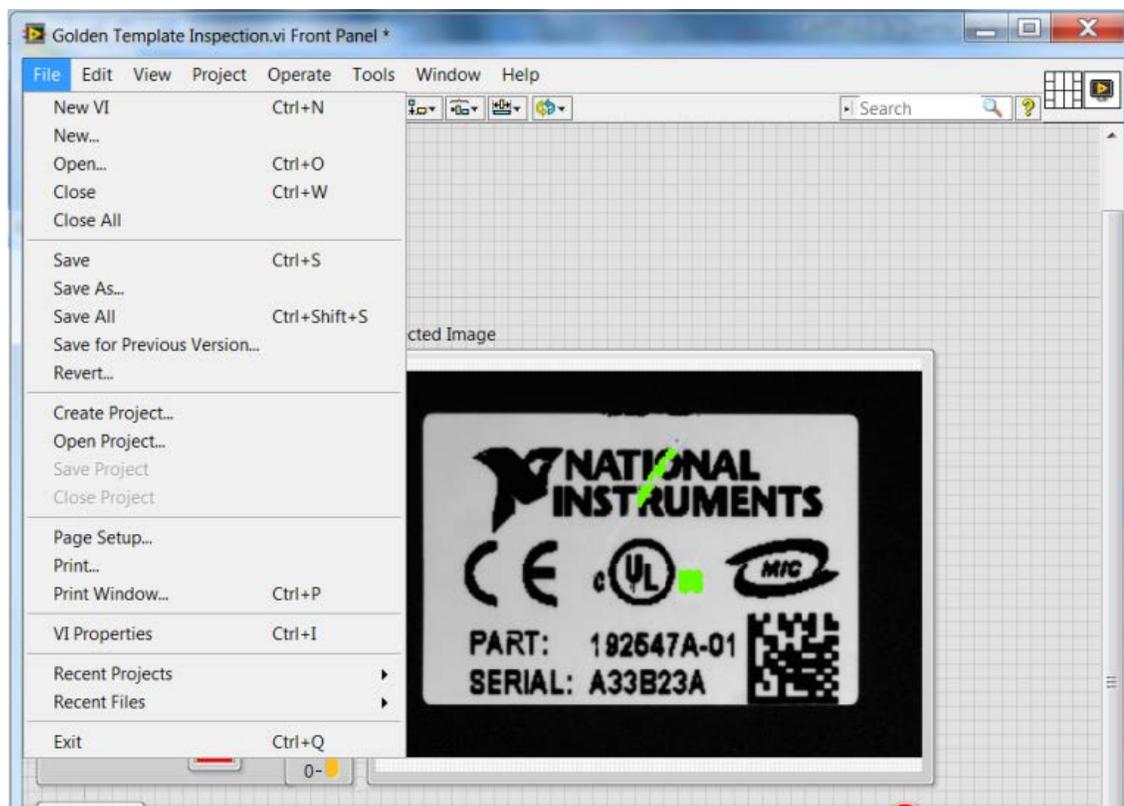
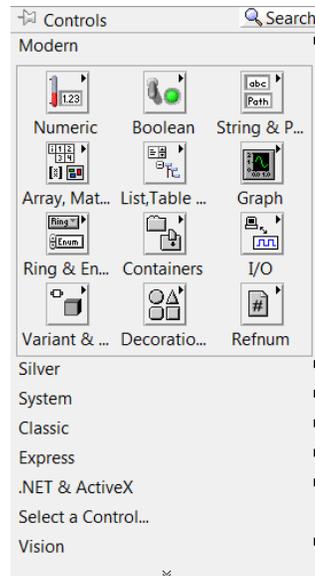


Figura 169. Menú File

- **Menú de control panel frontal**

En este aparecen todos los tipos de controles e indicadores que se pueden colocar en el panel frontal, como son:



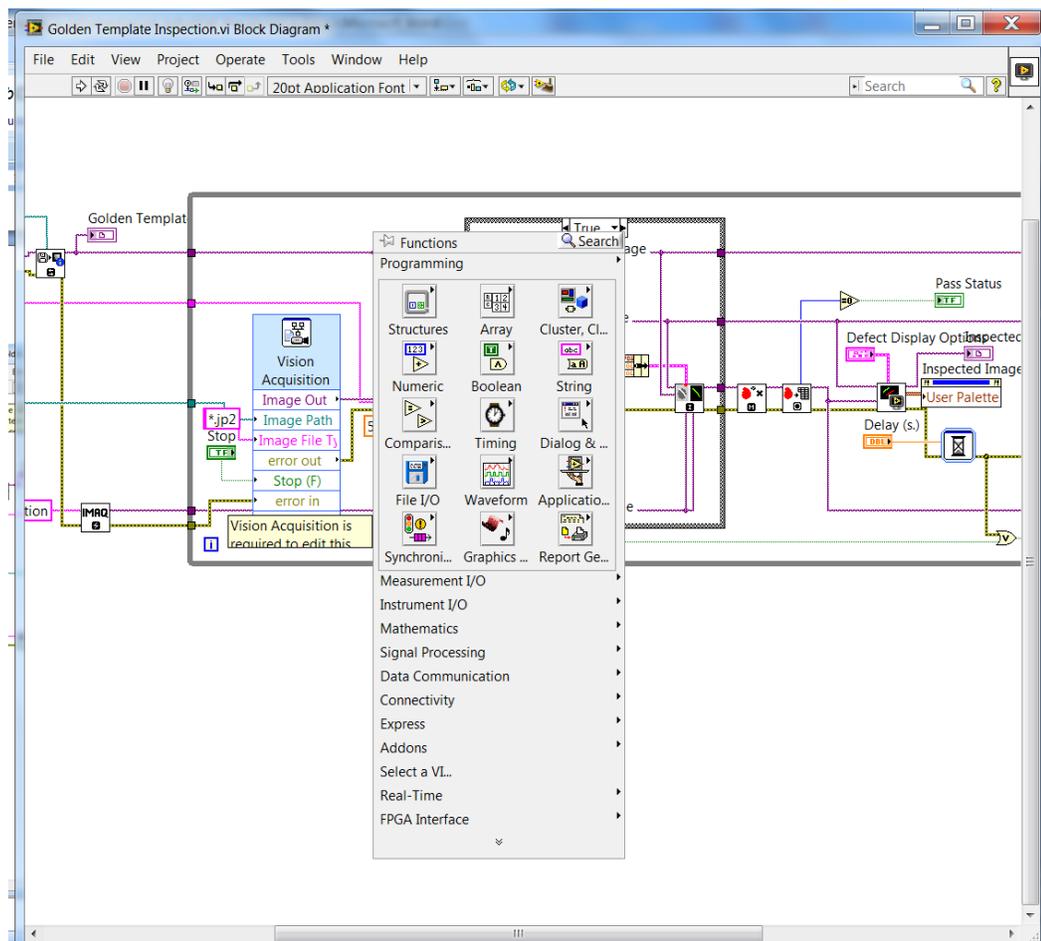
**Figura 170. Menú Control**

- **Númérico:** Permiten la entrada y salida de datos y valores medibles de tipo numérico, ya sea en un número real, enteros, naturales positivos. Por ejemplo un medidor de nivel graficado como un tanque, donde el nivel es el valor dado, o un termómetro, donde la temperatura es un variable continúa.
- **Boolean:** Permiten la salida y la entrada de datos de tipo discreto, on-off, como es el caso de los pulsadores, switches, Leds indicadores.
- **String & P...:** permite entrar y sacar datos de tipo alfanumérico, vistos en un indicador o control, o en una tabla que también puede cumplir las dos funciones.
- **Array, Mat...:** Permite agrupar datos para formar matrices ya sean de entrada o salida. Estas matrices pueden ser de tipo numérico, o de tipo booleano. También se pueden agrupar datos de diferentes tipos de control o de diferentes tipos de indicador, en un clúster, el cual es una agrupación que posee una sola terminal en el diagrama de bloques, semejante a un conector de un computador, el cual siendo un solo conector lleva muchas líneas que llevan diferentes señales. En las matrices todas las señales son del mismo tipo.
- **List, Table...:** Son controles e indicadores que presentan listas de opciones donde el ítem seleccionado se entrega como un valor al programa.
- **Graph:** Controles e indicadores de gráficas. Pueden ser gráficas de barrido, gráficas XY, o de tonos de colores.

- **Refnum:** Controles útiles en el manejo de archivos.
- **Decorations:** Se disponen elementos de decorativos para el panel frontal.
- **Controles:** Además de poderse ubicar los controles e indicadores presentados en los menús anteriores, también se pueden usar controles editados por el programador y herramientas varias para lo que es visión.

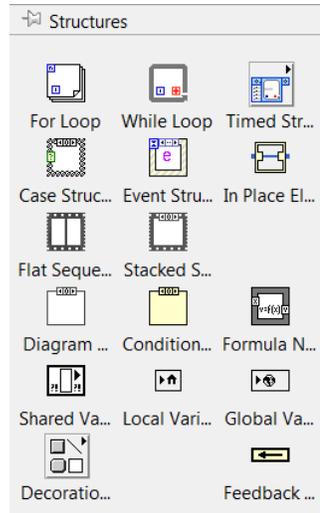
- **El menú de funciones en el diagrama de bloques**

Ofrece todas las posibilidades de funciones que se pueden utilizar en el diagrama de bloques, donde al hacer clic se escoge y ubica dentro del programa.



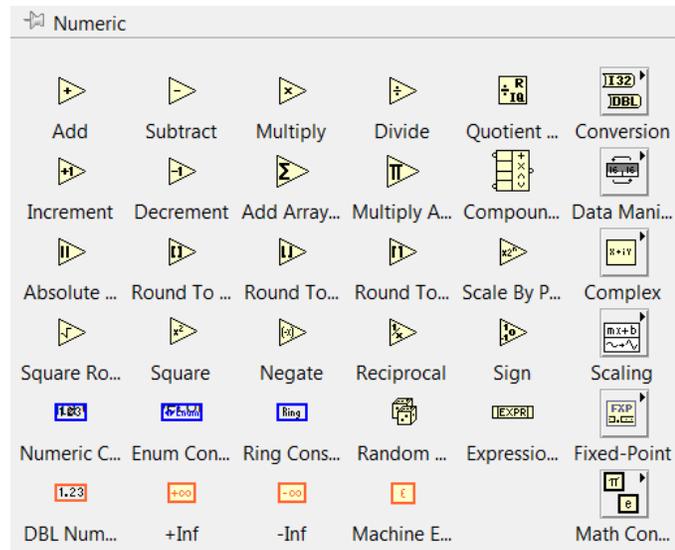
**Figura 171. Menú de Funciones en el diagrama de bloques**

- **Structs:** Contiene las estructuras básicas de programación como son las secuencias, los casos, los ciclos For-Next y Mientras, las variables de tipo global y local.



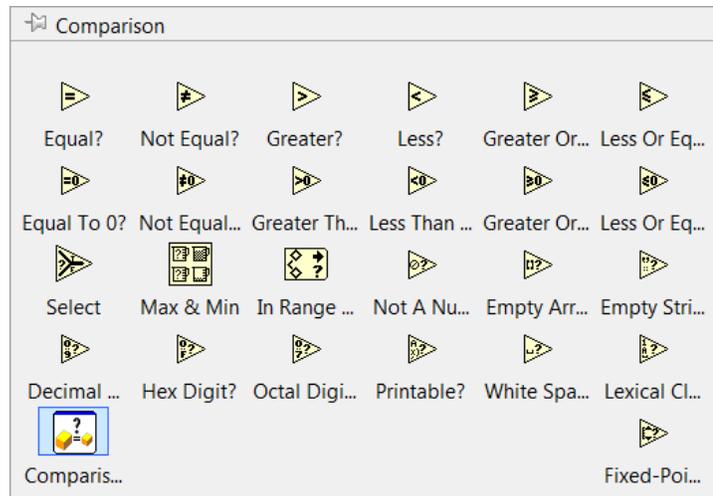
**Figura 172. Menú de funciones Structures**

- **Numeric:** Presenta las operaciones básicas aritméticas como son suma, resta, multiplicación, números al azar, valor absoluto, compuertas and, or, not y muchas otras y las constantes de todo tipo, como son las numéricas, las alfanuméricas, las boleanas, y algunos números especiales, "Pi" por ejemplo.



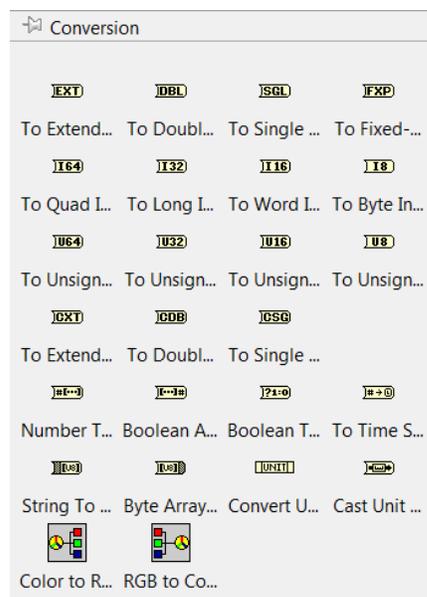
**Figura 173. Menú de funciones Numeric**

- **Comparación:** Funciones de comparación que devuelven un valor de verdadero o falso según se cumpla dicha comparación.



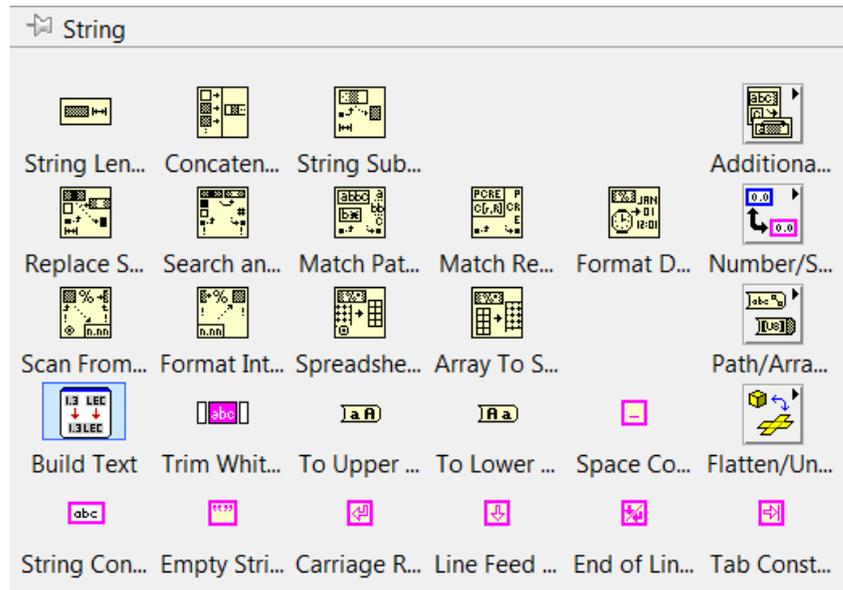
**Figura 174. Menú de funciones de comparison**

- **Conversión:** Conversiones de tipos de variables, de un formato a otro, por ejemplo convertir un número a otro que ocupe 32 bits en memoria, o convertir un número a una matriz de boléanos cuya representación en binario corresponda al número.



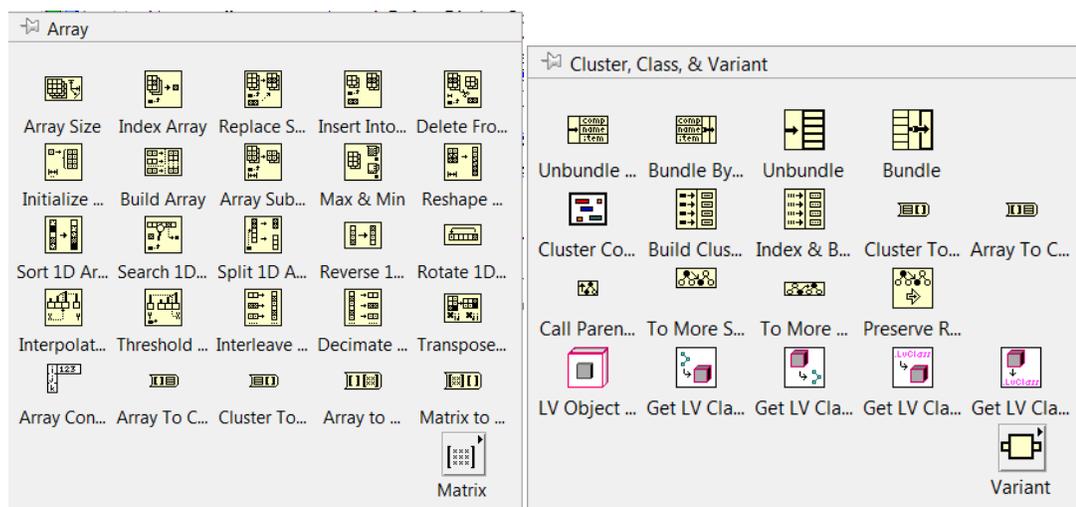
**Figura 175. Menú de funciones de conversion**

- **String:** presenta herramientas para manipular cadenas de caracteres. Por ejemplo convertir todos los caracteres a mayúsculas, o reportar el valor de la longitud de la cadena.



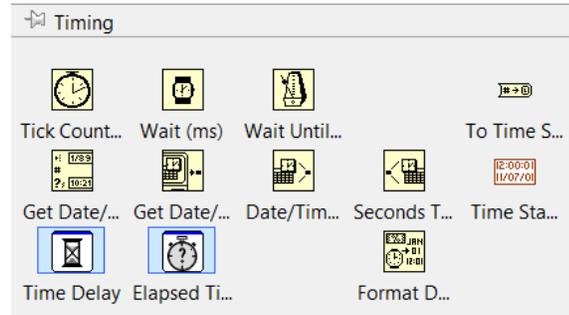
**Figura 176. Menú de funciones string**

- **Array & Cluster:** Maneja las herramientas para el uso de matrices y agrupaciones.



**Figura 177. Menú de funciones array y cluster**

- **Timing:** Reportadores de tiempo, esperas, fechas y otros.



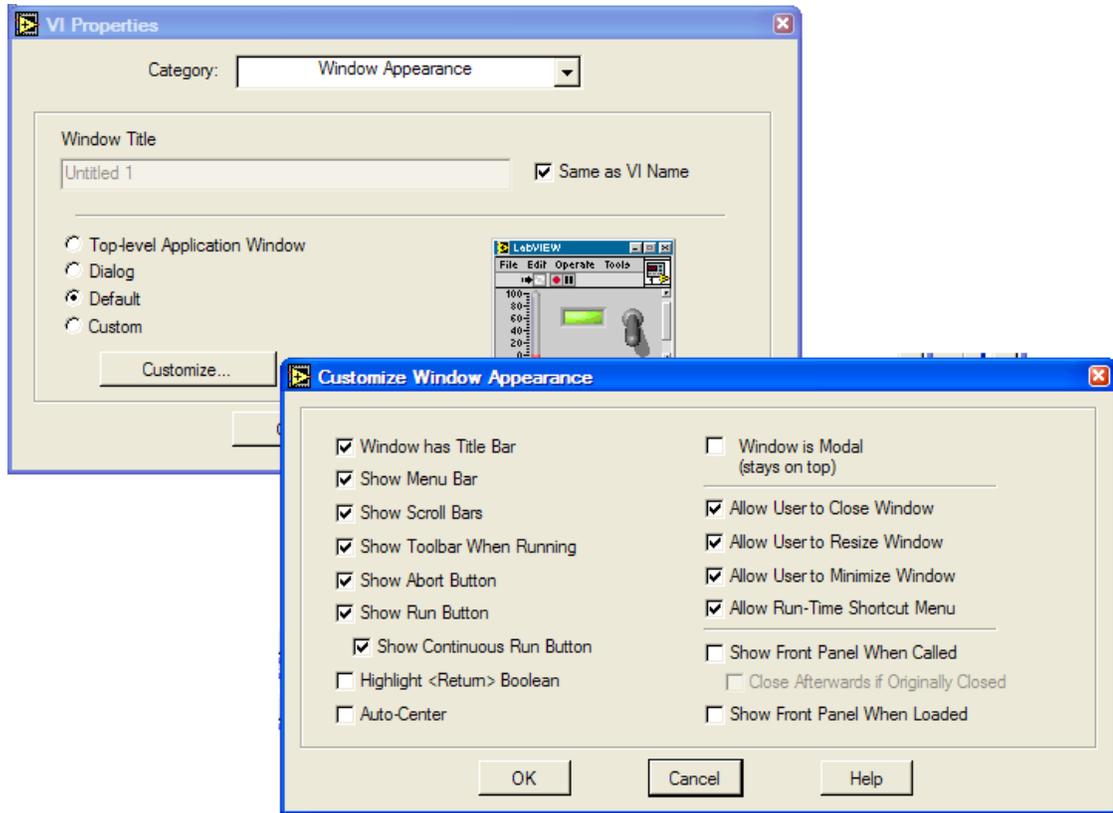
**Figura 178. Menú de funciones Timing**

- **Select a Vi...:** Para llamar bloques creados como rutinas.
- **Vision and Motion:** Funciones avanzadas de procesamiento de imágenes, filtros, regiones de interés y otras para adquirir imágenes de las cámaras, analizarlos, procesarla y finalmente cerrarla.
- **Network:** Para la comunicación de computadores en red, y enlace entre diferentes aplicaciones, como es el caso del DDE, Dynamic Data Exchange, que puede servir para enlazar aplicaciones de LabVIEW con Bases de datos como ACCES, para actualizarlas simultáneamente los hechos van ocurriendo. Otros parámetros son los de comunicación TCP y UDP para comunicación en red. Todo esto requiere de un aprendizaje especial.

#### 4.5.2.5 GUARDAR PROGRAMAS Y CARGARLOS

- **Propiedades de los vi**

Antes de guardar un VI, se puede configurar para que cuando sea cargado se ejecute inmediatamente, sin presionar ningún botón. Se puede también lograr que cuando ejecute, no muestre paletas, o la barra de título, que quede centrado, o que no se le pueda modificar el tamaño a la ventana del panel. Todo esto por medio de la opción VI-Setup en el pop-up menú del icono principal. En la lista se escoge el tipo de parámetro a configurar (window, execution, history).



**Figura 179. Propiedades de VI**

- **Directorios de almacenamiento**

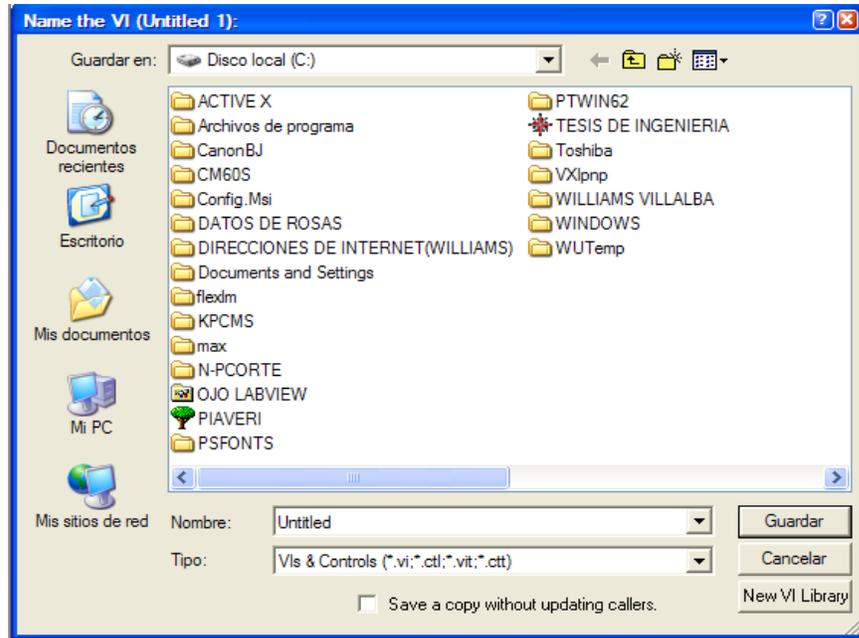
Por manejo de memoria, LabVIEW permite almacenar los datos, programas y otros, en dos tipos diferentes de directorios, entendibles por LabVIEW.

Los directorios normales en los que se almacenan los programas con extensión `.vi`, y el nombre no puede tener más de ocho caracteres para los PC.

Existen un archivo `.llb` el cual es una librería en la que solo LabVIEW es capaz de almacenar, y el cual la entiende como un directorio. Tiene la ventaja de tener internamente comprimidos los programas, economizando memoria en disco. Además los nombres de los programas no tienen restricciones.

- **Opción de guardar**

Por medio de la opción Save As, se despliega un menú con los directorios y las librerías en las cuales se puede almacenar programas. Dando clic en NEW VI Library, se puede crear una librería nueva.



**Figura 180. Opciones de guardado de archivo**

El proceso para cargar es de la misma forma, por medio de OPEN.

#### 4.5.2.6 MANEJO DE DATOS EN UN VI

- **Tipos de variables y datos numéricos**

- **Numero de bits en un número**

El tipo de dato que manejan los indicadores y controles se configura en el pop-up menú de cada control por la opción representation, igualmente con las constantes.

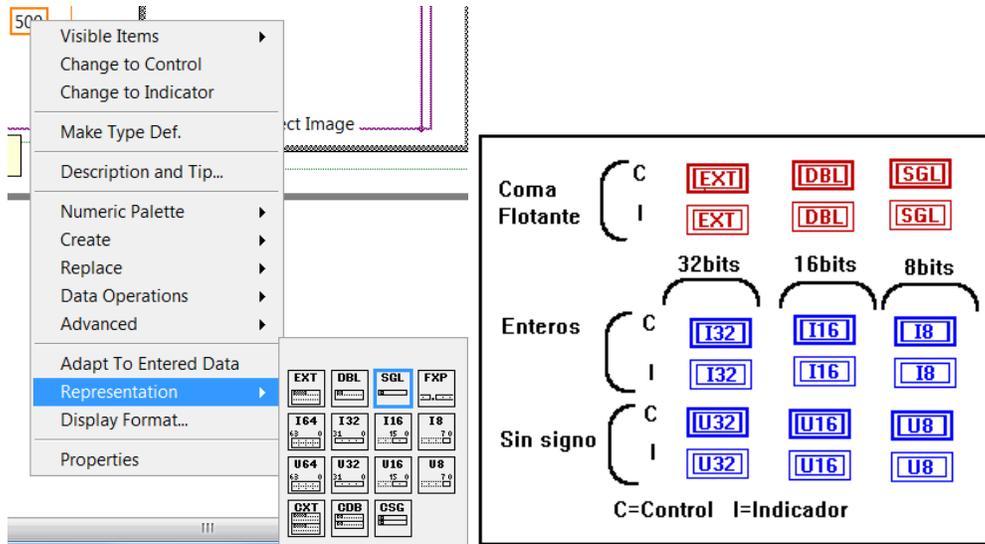


Figura 181. Representación y tipos de dato Numéricos

### ■ Datos boléanos y alfanuméricos

Los datos boléanos también tienen su tipo de conector. Para boléanos El color de las conexiones y los cables es de color verde, y para las de tipo alfanumérico son de color rosado.

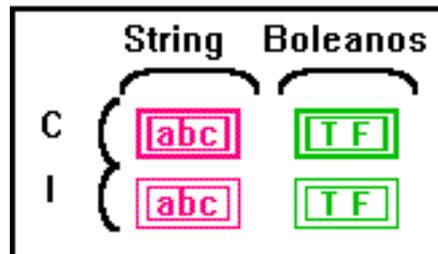


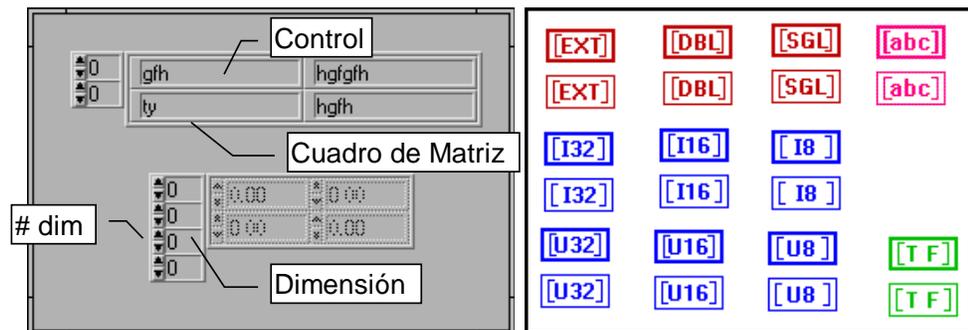
Figura 182. Representación de datos boléanos y string

### ■ Matrices

Las matrices son conjuntos de datos de una misma especie. Para crear una matriz se ubica en el panel frontal un cuadro de matriz (Array o arreglo) sacado del menú ARRAY & CLUSTER, y dentro se ubica el control o indicador que se mostrará. Se puede estirar el cuadro para que muestre varios datos pertenecientes a la misma matriz. Si se estira el display lateral se aumenta el número de dimensiones.

El conector será uno solo para la matriz con todos los datos, y se diferencia de los otros conectores por tener el tipo de datos dibujado entre [ ], en lugar de un recuadro, así se puede poseer una matriz de cualquier clase de número, sea doble, alfanumérico, booleano, etc.

Las líneas o cables que conducen matrices son más gruesos y aumentan de espesor según sea el número de dimensiones que manejen.

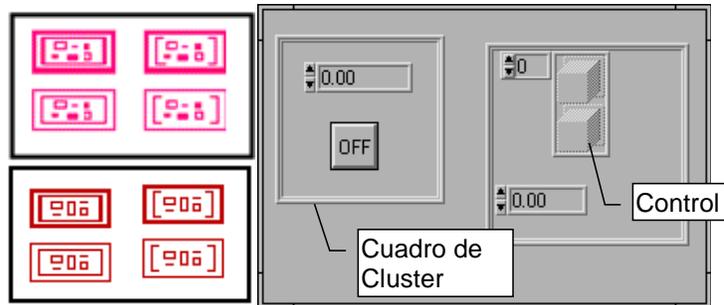


**Figura 183. Representación de matrices**

### ▪ Agrupaciones o estructuras

Las agrupaciones o estructuras son conjuntos de datos pero de diferente tipo. Para crear una agrupación se ubica en el panel frontal un cuadro de agrupación (cluster o estructura) sacado del menú ARRAY & CLUSTER, y dentro se ubican los controles o indicadores que se mostrarán. El conector será uno solo para la agrupación con todos los datos, y se diferencia de los otros conectores por tener dibujado unos cuadritos, en lugar del tipo de dato, así se puede poseer una agrupación con cualquier clase de números, sean dobles, alfanuméricos, booleanos, todos mezclados, tal como se agrupan un conjunto de cables del circuito eléctrico de un automóvil, donde cada cablecito dentro del cable grande lleva un tipo de dato, y se conecta a un toma donde cada pin tiene un uso, pero en total un solo toma.

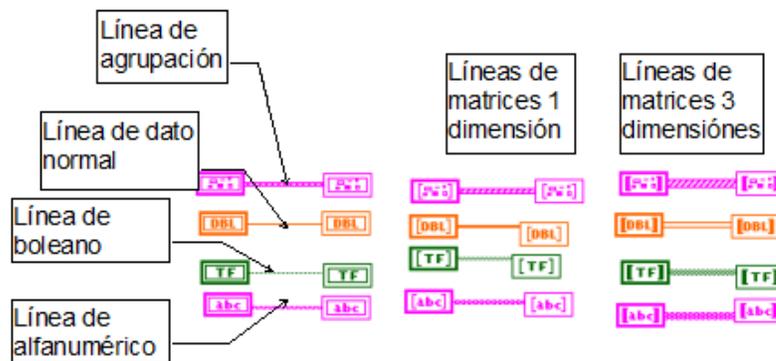
También se pueden crear matrices de agrupaciones, y agrupaciones de matrices.



**Figura 184. Representación de Estructuras**

- **Cables de transmisión**

Como se ha mencionado los cables llevan la información de un lado a otro. El cable cambia según el dato que lleve, pero esta es una opción automática que sirve para visualizar en el momento de hacer las conexiones.



**Figura 185. Representación de líneas de conexión según el dato a manejar**

- **Polimorfismo**

Como se ha mencionado existen números con diferente formato de representación, y según esto al sumar u operar con dos números de diferente clase no es correcto. Si se trata de sumar un número asignado de 16 y uno de 8 bits, no se tendrá un resultado correcto. Como en el lenguaje C, para hacer este tipo de operaciones se debe convertir

el de menor precisión a la mayor para no perder exactitud en el resultado. Una división siempre genera números de punto flotante, por tanto lo correcto es usar este tipo de variables. Para convertir datos se usa un bloque especial, el cual se encuentra en el menú de funciones de conversión.

Sin embargo LabVIEW permite para muchas funciones operar con números de diferente clase en la entrada, sin tomarse como un error que impida la ejecución del programa, lo que se llama polimorfismo. Cuando esto sucede se aprecia una x roja en la conexión, que indica el conflicto.

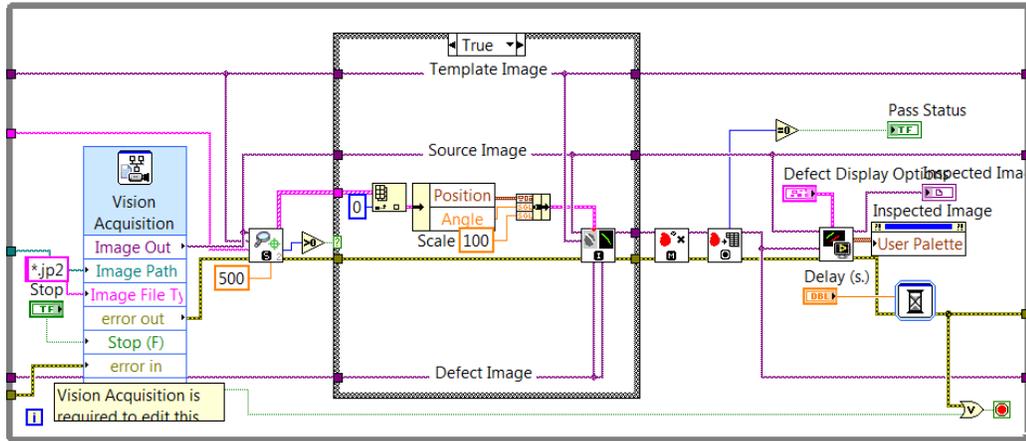


**Figura 186. Representación de conflicto de conexión**

- **Flujo de datos en funciones**

A diferencia de los lenguajes escritos en algoritmo de texto continuo, el LabVIEW es un lenguaje que en cierta forma se puede llamar multiproceso, pues puede ejecutar varias rutinas al mismo tiempo, esto se logra porque el procesador gasta partes de tiempo en cada rutina, dentro de un intervalo de tiempo. Así según un sistema de prioridades se va ejecutando parte de cada programa.

Como se ve en la figura cuando se corre el programa los dos ciclos corren simultáneamente, (cosa que no es cierta en términos de nanosegundos, pero se puede afirmar en segundos). Para hacer que un ciclo corra después de otro se requiere de una estructura que permita esto como es la de secuencia y dentro de cada cuadro se ubicará el ciclo que se va a realizar.



**Figura 187. Ejemplo de flujo de datos en funciones**

El flujo de datos a través del programa, se hace a través de los cables que llevan la información a las funciones y a los datos de control a las estructuras. Una función no se ejecuta sino hasta que han llegado todos los datos de entrada, así, en la figura el signo de menor arrojará un dato de verdadero o falso solo cuando hayan llegado los datos de entrada a esta función.

Los datos de salida solo surgen cuando ha cumplido la función su operación, así mismo ocurre con las estructuras, es decir, que el dato de salida de la estructura fluirá al resto del programa cuando este haya concluido o sea detenido por un control.

Se puede usar un ciclo While, o un For-Next para acumular datos en la frontera de salida, y así cuando terminen las iteraciones, tener una matriz como resultado, lo que se logra dando clic con el botón derecho en la conexión de salida del ciclo y seleccionando “Enable Indexing”.

Con dos ciclos anidados se tendrá una matriz de dos dimensiones de tamaño según el número de vueltas.

Para que no almacene datos en la frontera, seleccionar “Disable Indexing”, en el mismo pop-up menú.

#### 4.5.2.7 ESTRUCTURAS Y ELEMENTOS DE PROGRAMACIÓN

Para realizar un programa dentro de cualquier lenguaje se requiere de conocer el manejo de las estructuras que gobiernan un algoritmo. En el LabVIEW como lenguaje también cuenta con estas.

Las estructuras en LabVIEW son:

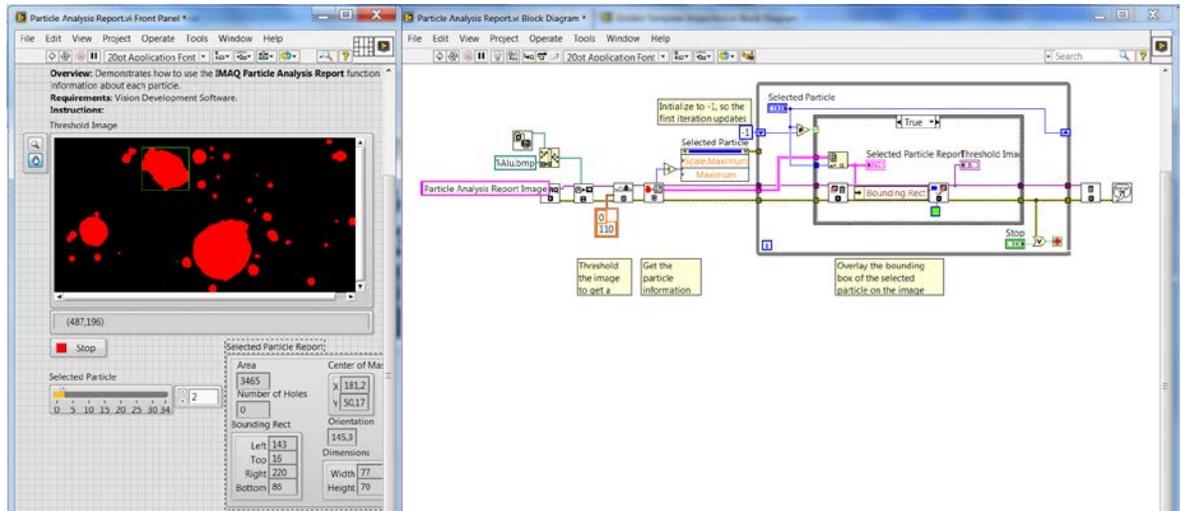
- La estructura While Loop
- La estructura For Loop
- La estructura de caso
- La estructura de secuencia

Otros elementos de programación son las variables, que pueden ser de tipo global o local, y los cuadros de fórmula.

- **La estructura while loop**

Sirven para hacer que una secuencia de instrucciones se repita una cantidad de veces, siempre y cuando una afirmación sea verdadera. En el LabVIEW se ejecutarán las funciones que se encuentren dentro del cuadro de ciclo, tomando los valores que quedaron almacenados en la frontera de entrada, y sacando los resultados a la frontera de salida.

El término 'i' en el ciclo es un contador que se incrementa una unidad cada vez que se repite el ciclo.



**Figura 188. Ejemplo de la estructura while loop**

### ▪ Indexing

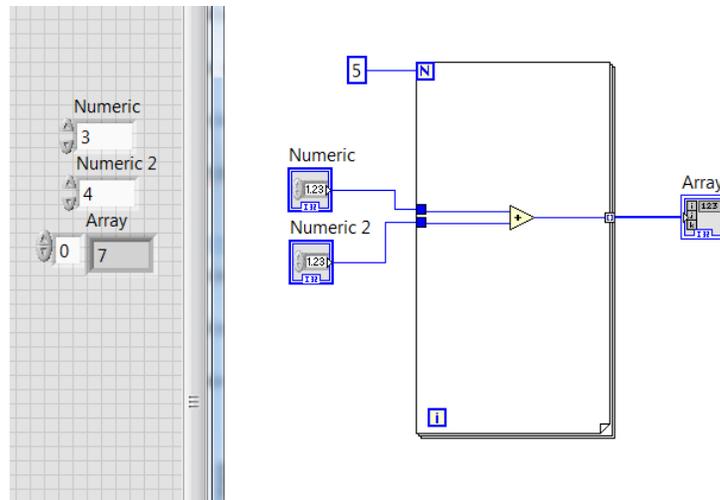
Los ciclos se pueden utilizar para crear matrices simplemente acumulando los datos en la frontera de salida, sin permitir que el último borre el primero, y más bien apilándolos uno tras otro en matriz. Esto se logra sacando el pop-up menú de el punto negro de la frontera de salida, el cual es el elemento de memoria o buffer, y seleccionando “Enable indexing”.

### ▪ Shift register

Se puede hacer que los resultados de un ciclo sirvan como datos para la próxima iteración, mediante unas memorias llamadas Shift Register, las cuales se crean sacando el pop-up menú del ciclo en una de las fronteras. Se crean unas memorias en las fronteras de entrada y salida. Después del ciclo el dato resultado colocado en el shift de la frontera de salida, pasa a ocupar el lugar del shift de la frontera de entrada para participar en las funciones del ciclo.

### • Estructura for loop

Se comporta similar a la estructura While Loop. Esta hace un número definido de iteraciones el cual está dado por el valor que se coloca en el parámetro ‘N’. Este siempre debe ser definido, pues de no suceder así el programa no corre.



**Figura189. Ejemplo de Estructura For Loop**

También se puede usar para crear matrices, y también puede usar valores de ciclos anteriores con los Shift register. Tiene la desventaja respecto al ciclo while Loop de tener que cumplir todas las iteraciones para terminar, mientras que en el while Loop, se termina dependiendo de una condición, por tanto se puede crear un algoritmo que cuando detecte un error termine el ciclo. Mientras que el for Loop es un ciclo ciego, el while Loop siempre se está chequeando.

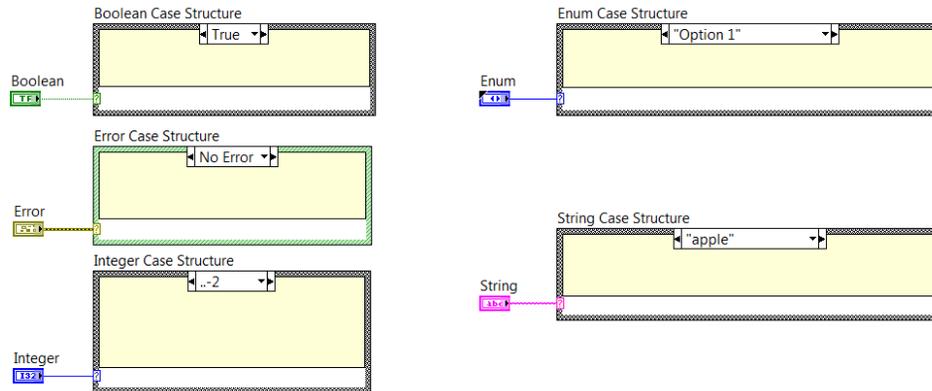
El ciclo For Loop también cuenta con un elemento 'i' que sirve de contador para decir en que ciclo va.

- **Estructura de caso**

Es una estructura de comparación y ejecución condicionada donde de acuerdo a algún parámetro se realizan las operaciones de un cuadro u otro. Si el parámetro de condición es del tipo verdadero-falso cuando éste es verdadero se ejecuta un contenido, y cuando es falso se ejecuta otro. De esta forma solo son posible dos opciones de ejecución.

Si el parámetro es un número, se ejecuta un cuadro cuyo número de identificación corresponde al valor de entrada. En este caso pueden haber tantas opciones de ejecuciones como se desee.

Para obtener esta estructura, buscarla en el submenú de estructuras & constantes, en el menú de funciones.

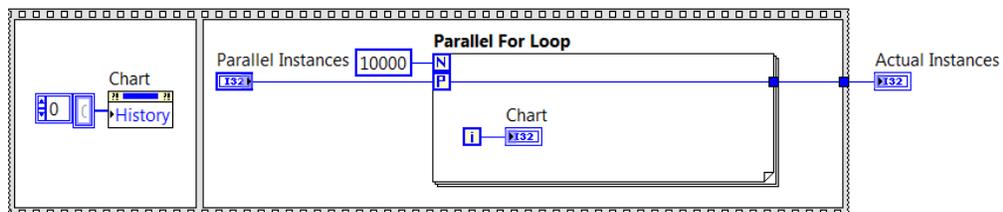


**Figuran 190. Ejemplo de Estructura de Caso**

Para agregar un cuadro de caso cuando se usa un parámetro de selección numérico, solo basta seleccionar el pop-up menú de la estructura, dando clic con el botón derecho y seleccionando “Add Case After” para un caso de número siguiente, o “Add Case Before”. Dentro de este pop menú, se encuentran otros parámetros de control de estas estructuras.

• **Las secuencias**

Como el LabVIEW es un lenguaje de tipo multiproceso, puede ejecutar varias partes del programa simultáneamente. Además las funciones se van operando cuando llegan todos los parámetros de entrada de cada una lo que no da mucha certeza de que función se realiza primero. Pero si por alguna razón se desea que un conjunto de operaciones se realice antes que otro, se puede agregar una estructura de secuencias, la cual ejecuta el contenido del primer cuadro, luego el del segundo, y así sucesivamente.



**Figura 191. Ejemplo de Secuencias**

- **Variables**

Los parámetros de entrada para una función pueden lograrse a través de controles, indicadores, e incluso variables. Las salidas pueden usarse para mostrarse en indicadores o simplemente para ser almacenadas en los mismos elementos los cuales son las variables. Estas se usan para almacenar datos y pueden ser de dos tipos según su uso, de tipo Local o de tipo Global.

- **Locales**

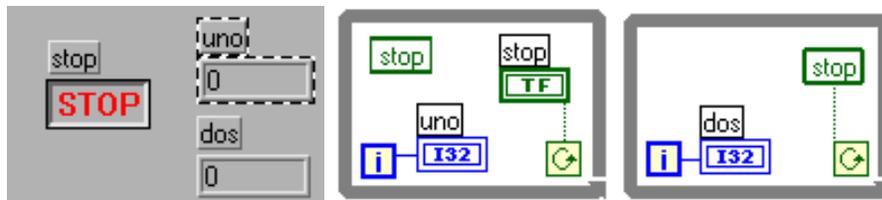
Son variables asociadas a algún control o indicador dentro de un programa VI, en el cual son usadas. Cuando se escribe en una de éstas, el contenido del indicador o control cambia.

El uso de estas variables facilita la visualización en el diagrama cuando se va a acceder varias veces un mismo dato, puesto que evita llenar de cables conductores la pantalla, que conduzcan el valor desde el control al lugar requerido.

Son una forma adecuada de escribir sobre un control, desde el algoritmo.

Las variables locales solo son entendidas por el programa VI que las posee, ninguna subrutina entiende el contenido de éstas, ni ningún programa VI diferente. Para obtener una de estas variables, se busca por el menú de estructuras y constantes, local.

Para seleccionar el indicador o control que se accesa, seleccionar por medio del pop-up menú de la variable, SELECT ITEM.



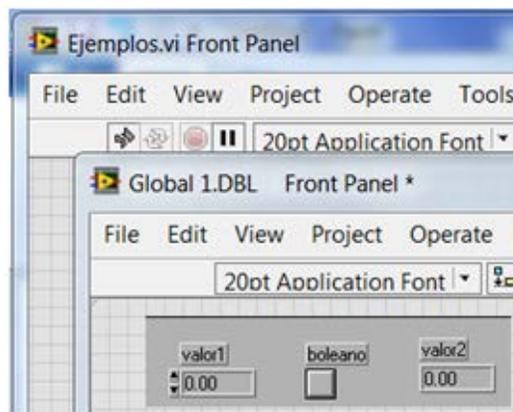
**Figura 192. Ejemplo de Variables Locales**

Si se desea leer un valor de la variable seleccionar en el pop-up menú Change to read. El icono de la variable mostrará las paredes laterales más gruesas que en el caso de la variable a la que se escribe. Para escribir seleccionar en el pop-up menú Change to write.

En el ejemplo se aprecia como para no tener que llevar cables desde el terminal del botón de stop al otro ciclo, para detenerlo simultáneamente, simplemente se lee el dato de una variable asociada. En el primer cuadro se muestra un icono de una variable para ser escrita con un dato, pero como no está conectado a ninguna fuente de valores, se genera un error que no permite ejecutar el programa, lo que se puede notar por la flecha de ejecución rota

### ▪ Globales

La diferencia con las variables locales radica en que estas pueden ser entendidas por cualquier programa y/o subrutina VI, y pueden ser actualizadas por los mismos. Estas se almacenan en un archivo diferente de extensión .GLB que consta únicamente de un panel frontal donde se encuentran todas las variables asociadas a dicho archivo, lo que quiere decir que en un archivo se pueden guardar numerosas variables.



**Figura 193. Ejemplo de creación de variables globales**

Para crear una variable global, se selecciona del menú de estructuras y constantes. Luego con el pop-up menú se da la orden de abrir el panel frontal de esta variable, y allí

se colocan todos los indicadores y controles que almacenan los datos deseados. Posteriormente se graba como cualquier otro programa VI, pero con extensión .DBL.

Con la variable creada solo es seleccionar en el pop-up menú del icono de la variable con Select ítem, el valor al que se lee o escribe.

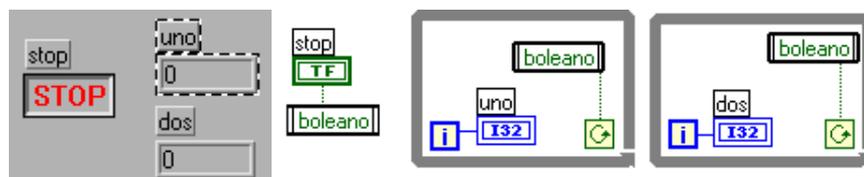
Para colocar en el diagrama otra variable global de el mismo dato, ahora se hace por medio de la opción VI, en el menú de funciones, tal como si se fuera a usar una subrutina ya creada.

Se ve como la paleta de las variables globales y el icono principal cambia.

En el ejemplo el dato del botón stop se escribe a una variable global, que se lee en otros lados del programa. También puede ser leído en otro subprograma.

Los cambios entre lectura y escritura, son idénticos al procedimiento con las variables locales.

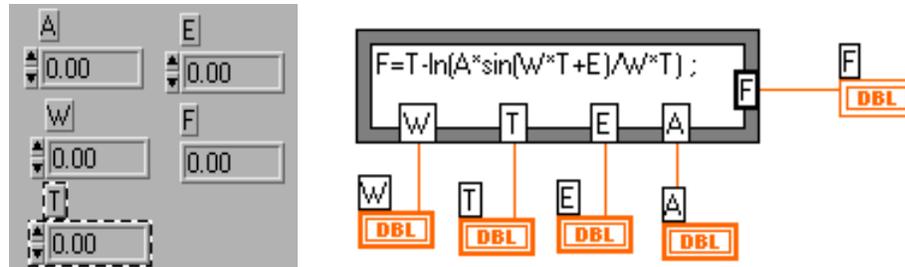
Igualmente se aprecia que el icono en estado de lectura es diferente al de escritura.



**Figura 194. Aplicación de variable global en subprograma**

- **Cuadros de fórmula**

Cuando se realizan operaciones matemáticas complejas donde hay muchos cálculos distintos, tener un icono por cada operación puede ser complejo e implicar muchos cables y conexiones, que dificultan el entendimiento del diagrama y alargan el tiempo de programación.



**Figura 195. Ejemplo de cuadro de formulas**

Un mejor camino es tomar todas esas funciones y juntarlas en un cuadro de fórmula, donde se escribe la operación de una forma textual. Al cuadro se le agregan unos conectores de entrada y salida de datos, con el nombre de los parámetros inscritos, y de allí se alambran los conductores. Para agregar entradas o salidas hacerlo por medio del pop-up menú Add Input o Add Output.

Como regla después de cada función se debe colocar un punto y coma “;”.

- **Funciones, matrices, strings, file, i/o**

A continuación se tratarán con algunos tipos de funciones especiales como son las usadas para manejar Matrices (Arrays), Strings o cadenas de caracteres, Archivos, y formas de entrada y salida.

- **Matrices**

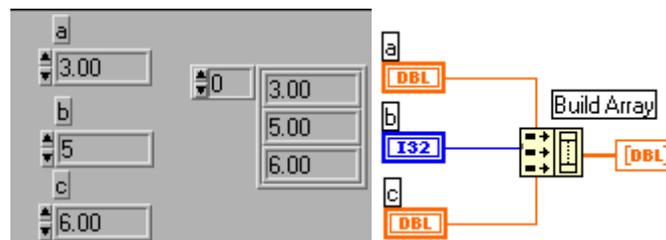
Las matrices son conjuntos de datos los cuales se almacenan uno detrás de otro, en fila o columna, si se habla de una dimensión, y en cuadros para matrices bidimensionales. Las matrices o arreglos pueden tener tantas dimensiones como se desee.

Como se ha mencionado se pueden usar ciclos para formar matrices de datos, e incluso ciclos anidados para formar matrices de varias dimensiones.

Hay funciones para multiplicar matrices por una constante, sacar el valor determinante, sacar una submatriz que contenga parte de los elementos, averiguar un elemento de la matriz, reemplazarlo, o agregar uno nuevo.

Para el LabVIEW una matriz puede ser de dos dimensiones así una de las dimensiones sea de un elemento, o sea que un vector se puede tomar como matriz bidimensional, siempre y cuando se especifique así.

Es perfectamente factible tomar varios elementos y por medio de una función Build array juntarlos en una matriz.



**Figura 196. Función build array**

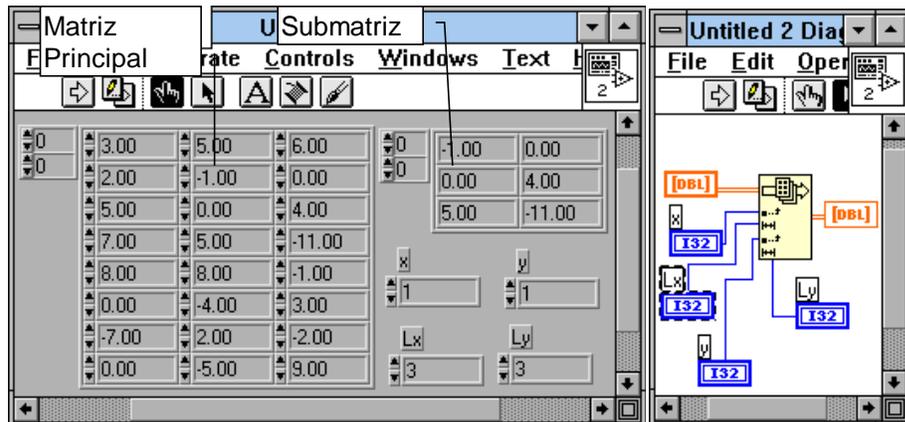
Todos los elementos de la matriz deben ser del mismo tipo, de no ser así como en la figura, la matriz formada si los tendrá, produciéndose un cambio polimórfico que pueda traer consecuencias de impresión.

Si se da entrada a dos o más matrices de una dimensión, del mismo tamaño, como elementos, se crea una matriz de dos dimensiones, como apilando capas de filas.

Si se da entrada a dos o más matrices de dos dimensión, del mismo tamaño, como elementos, se crea una matriz de tres dimensiones, como apilando capas de planos. Así sucesivamente.

Para agregar una dimensión al control solo basta cambiar el tamaño de los indicadores de índice de la matriz, con la herramienta de posicionamiento.

Para sacar una submatriz de otra mayor, se puede usar la función Array Subset, dando los índices de la matriz a sacar, y el tamaño.



**Figura 197. Función array subset**

Las funciones para operar con matrices se encuentran dentro de los menús de funciones, Array, Cluster, y Analysis.

Para crear un control de Matriz, o un indicador, solo hace falta seleccionarlo en el panel frontal del menú Controls, Array, ARRAY, y ubicarlo. Luego colocar dentro el tipo de control o indicador deseado, sea numérico, o booleano.

### ▪ Clusters

Un Cluster es una agrupación de datos, de diferente tipo, como ya se había mencionado, donde todos los cables se juntan en uno solo para facilitar el cableado en el diagrama de bloques. Para juntar los datos se usa la función Bundle, y para separarlos la función Unbundle.

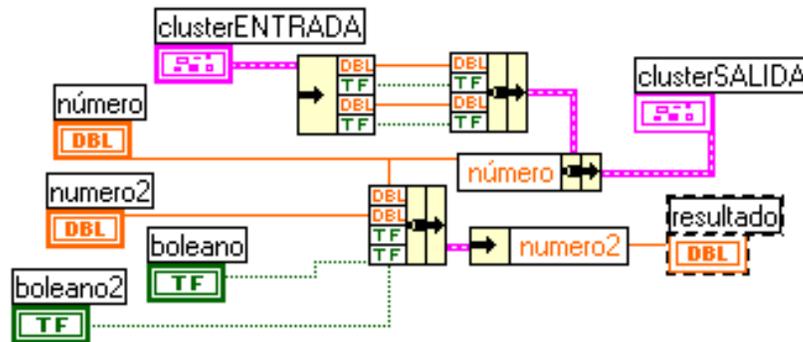
Igual que en una conexión eléctrica de un automóvil, también es posible sacar una sola línea de todo el ramal, si se sabe cual es la línea, por medio de la función Unbundle By Name.

Cuando se usa la función Bundle, se debe conectar todos los terminales. Cuando se usa la función Unbundle, la dimensión de las conexiones debe coincidir con el número de cables que éste lleva.



**Figura 198. Ejemplo de cluster diagrama de bloques**

Cuando se usan las funciones Bundle y Unbundle, se debe tener especial cuidado con el orden en que los instrumentos son conectados dentro de los controles o indicadores de cluster, pues esto determina el orden de los cables en los conectores Bundle y Unbundle, y dentro de los mismos cables para conectar con otros cluster. Para cambiar el orden interno se puede hacer por el pop-up menú del marco de cluster dentro del panel de control, con la función Cluster Order, y cambiando el número de orden de cada elemento dentro del cuadro.



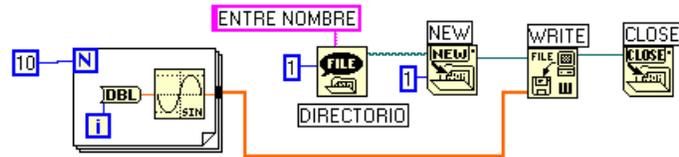
**Figura 199. Función build array panel frontal**

En la figura se aprecia como un cable de cluster proveniente de una entrada, se descompone en todos sus elementos y se vuelve a agrupar. Luego a este cable grueso se accesa el conductor 'Número' y en este se coloca el dato del indicador Número. El resultado se lleva al cuadro cluster de salida.

En la figura también se aprecia como un conjunto de datos se agrupan en un cable, y a este mayor se accesa el dato 'Número2' el cual se visualiza en el indicador de resultado.

## ▪ File

Son funciones que permiten acceder a la información guardada en disco duro o disquettes, por medio de los directorios. Con estas instrucciones se pueden almacenar datos obtenidos en el transcurso de la ejecución del VI.



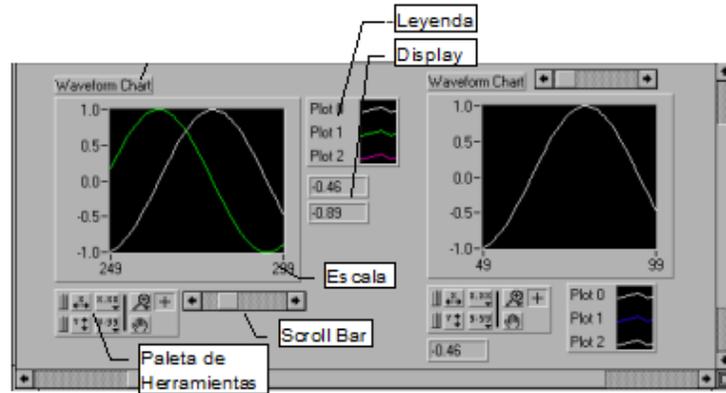
**Figura 200. Ejemplo de Función file**

Para manejar archivos, se debe seguir varios pasos.

- Saber que archivo se va a manejar. Esto se puede lograr tomando una lista de directorio en el lugar donde el archivo se encuentre.
- Abrir el Archivo. Por medio de una instrucción Open. Si el archivo no existe, se debe crear, con la función NEW. Cuando el archivo está abierto se le asigna un número de identificación, para escribir o leer bajo este concepto.
- Escritura o lectura en el archivo, bajo el número de identificación dado.
- Cerrado del archivo. Si el archivo no se cierra, permanece abierto, limitando la posibilidad de trabajar en otros, y ocupando al computador.
- En la figura 200 se aprecia como grabar un grupo de datos de una fuente senosoidal, en un archivo binario.
- Dentro de las funciones de manejo de archivos hay algunas listas para escribir en formato de hojas de cálculo, como las usadas en Excel, donde los datos entre columnas se separan por tabulaciones, y entre filas por 'enter'.

## ▪ Graficadores

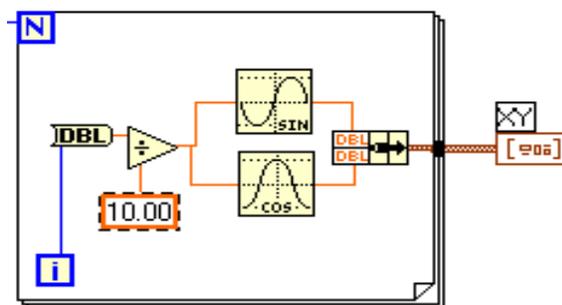
LabVIEW cuenta con algunos controles o indicadores que presentan gráficas de los datos obtenidos en el programa. Estos se encuentran en el submenú Graph en el menú de controles. Para cada uno se pueden configurar muchos parámetros como escala de la gráfica, autoescala, color de las líneas, número de líneas en una gráfica, presentación de letreros, paletas de control, indicadores, etc.



**Figura 201. Ejemplo de Función graph**

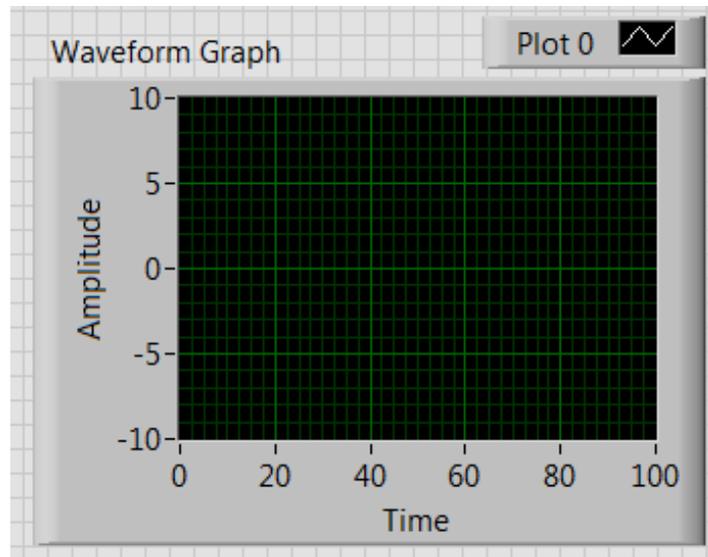
Entre los graficadores se encuentran:

- **Waveform Charts:** Como el anteriormente dibujado permite entrar datos de un número, o en una matriz de una dimensión. Grafica dando automáticamente la secuencia en el eje X, simplemente por el dato que sigue al anterior, o sea por pasos. El eje X siempre corresponde a tiempo. Si se grafican dos o más datos al tiempo se deben entrar como un cable cluster, como se muestra en la figura. Si se desea ingresar todos los datos a tiempo para llenar un buffer de la gráfica, se lo debe realizar con una matriz, y si se desea graficar llenando buffers de varias graficas simultáneamente, se debe ingresar los datos como una matriz de clusters.



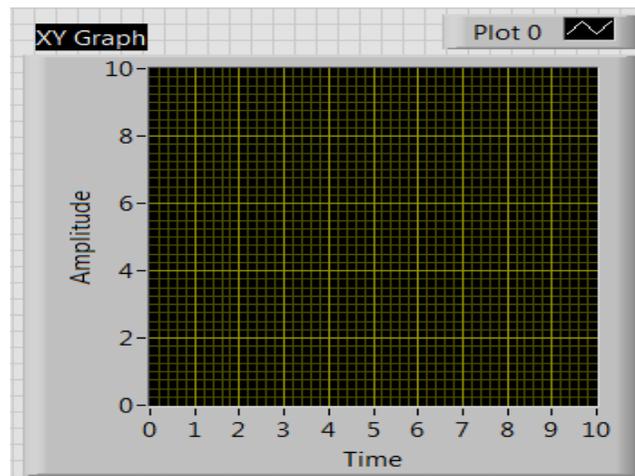
**Figura 202. Ejemplo de Función waveform charts**

- **Waveform Graph:** De comportamiento similar a la Waveform Chart, pero con esta ya se puede definir la escala en el tiempo, a los valores deseados, mientras que en la anterior la escala en X es propiamente de pasos, más que tiempo.



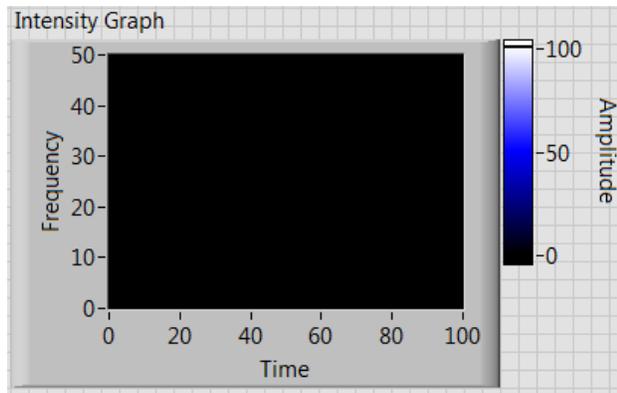
**Figura 203. Ejemplo de Función waveform graph**

- **XY Graph:** En ésta se entran los datos por pares ordenados en una matriz bidimensional, o una matriz de clusters de dos datos cada uno X,Y. Permite graficar funciones matemáticas, círculos, etc., dando una secuencia de puntos, X,Y



**Figura 204. Ejemplo de Función XY graph**

- **Intensity Graph e Intensity Chart:** Para graficar planos de diferentes colores, para matrices de dos dimensiones, donde los valores contenidos corresponden a un color.



**Figura 205. Ejemplo de Función intensity graph**

- **IMAQ y imaqdx**

NI-IMAQ y NI-IMAQdx son cada uno de los paquetes de controladores instalados por NI Vision Acquisition Software (VAS) para su uso con diferentes dispositivos de adquisición de imágenes. Cada controlador incluye un conjunto de LabVIEW VIs que puede ser utilizado para el control de alto nivel de una variedad de dispositivos de imagen. VAS también incluye las bibliotecas para la programación en C, C ++, C #, Visual Basic y Visual Basic .NET.

El software controlador NI-IMAQ sólo admite hardware de National Instruments y es necesario para utilizar los dispositivos de adquisición de imágenes:

- National Instruments Camera Link Frame Grabbers
- National Instruments digitalizadores de vídeo digital paralelo
- Frame Grabbers National Instruments analógicas
- National Instruments 17xx Smart Cameras (SC NI 1742)

El software controlador NI-IMAQdx es necesario para usar los dispositivos de adquisición de imágenes de otros fabricantes que utilizan los siguientes autobuses y normas:

- Gigabit Ethernet Cámaras Apoyo GigE Vision (SC NI1772C)
- FireWire IEEE 1394 Cámaras
- Cámaras USB 2.0 que admite Microsoft DirectShow
- USB 3.0 Cámaras Apoyo USB3 Visión

Estos softwares tienen herramientas muy similares como adquisiciones, despliegues, extracciones, , etc. con la única diferencia que se debe aplicar de acuerdo a la cámara.

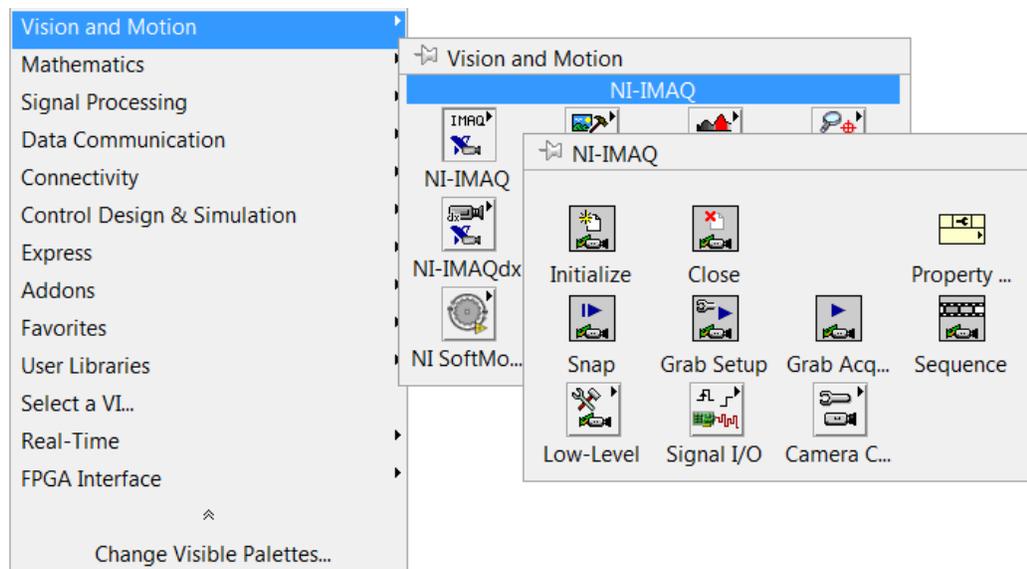
Es importante tener claro estos conceptos para la comprensión de IMAQ o IMAQdx, por tal razón se detalla particularidades en el desarrollo de esta tesis.

Entre las herramientas de IMAQ o IMAQdx se definen en cuatro grupos que se localizan en la paleta de funciones en el diagrama de bloques.

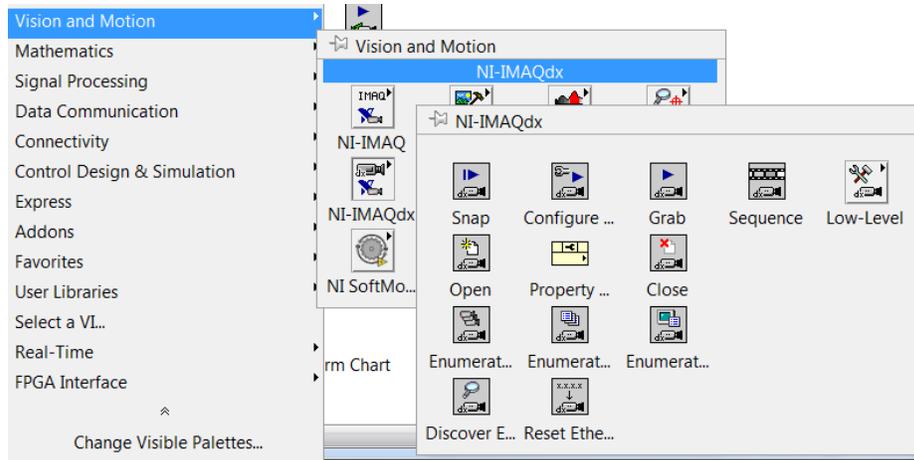
- Image Acquisition.
- Vision Utilities.
- Image Processing.
- Machine Vision.

### ▪ Image acquisition

En la figura se detalla las herramientas que corresponden a este grupo, pero para el estudio se describirán las herramientas de mayor relevancia en lo que es la adquisición de imágenes.

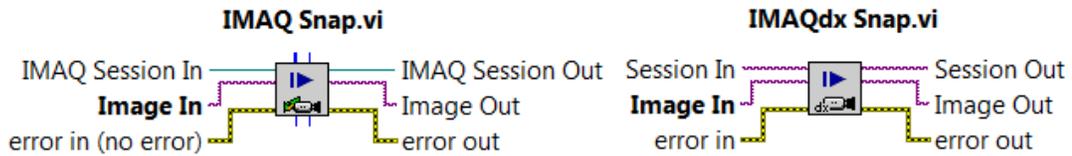


**Figura 206. Paleta de Image acquisition IMAQ**



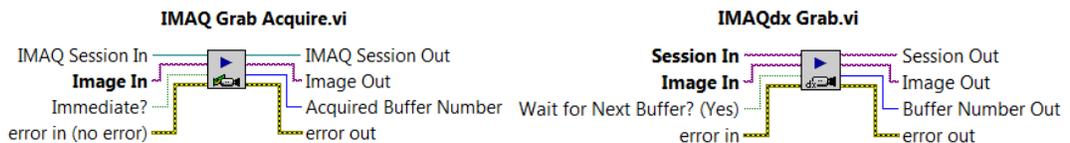
**Figura 207. Paleta de Image acquisition IMAQdx**

- **SNAP:** Adquiere una sola imagen en un buffer de memoria. El snap es una herramienta de adquisición básica de imágenes por tal razón es para aplicaciones de baja velocidad.



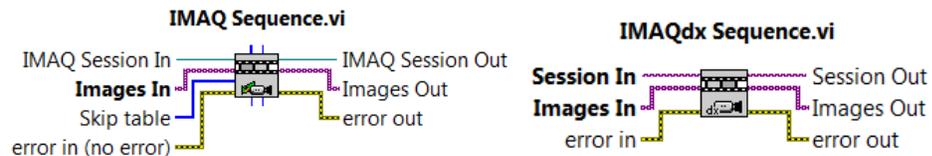
**Figura 208. Menú de funciones IMAQ Snap y IMAQdx Snap**

- **GRAB ACQUIRE:** Es una función que realiza una adquisición de imágenes de forma continua, se aplica en procesos de alta velocidad.



**Figura 209. Menú de funciones IMAQ Grab Acquire y IMAQdx Grab**

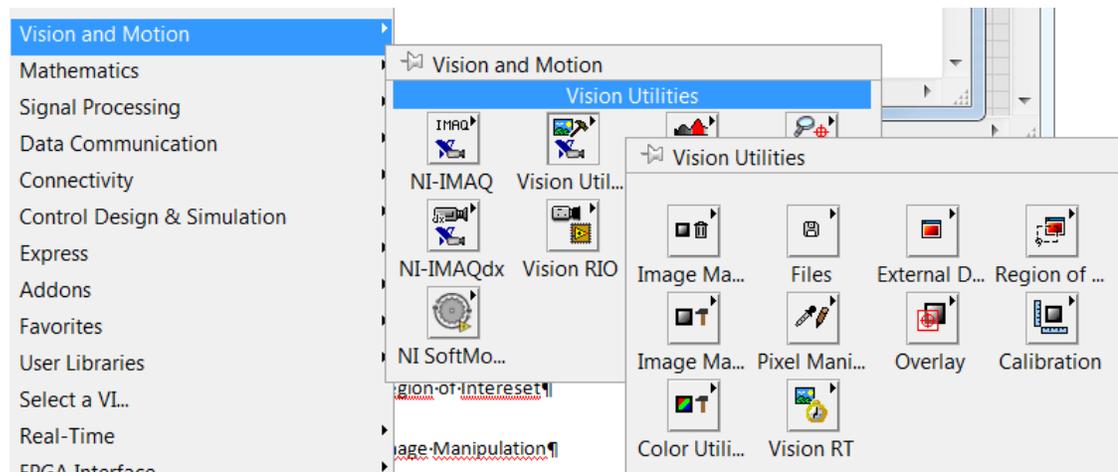
- **SEQUENCE:** Una secuencia comienza una longitud variable y un traslado variable de retraso, esta herramienta de adquisición de imagen es aplicado para manipulación de múltiples imágenes.



**Figura 210. Menú de funciones IMAQ Sequence y IMAQdx Sequence**

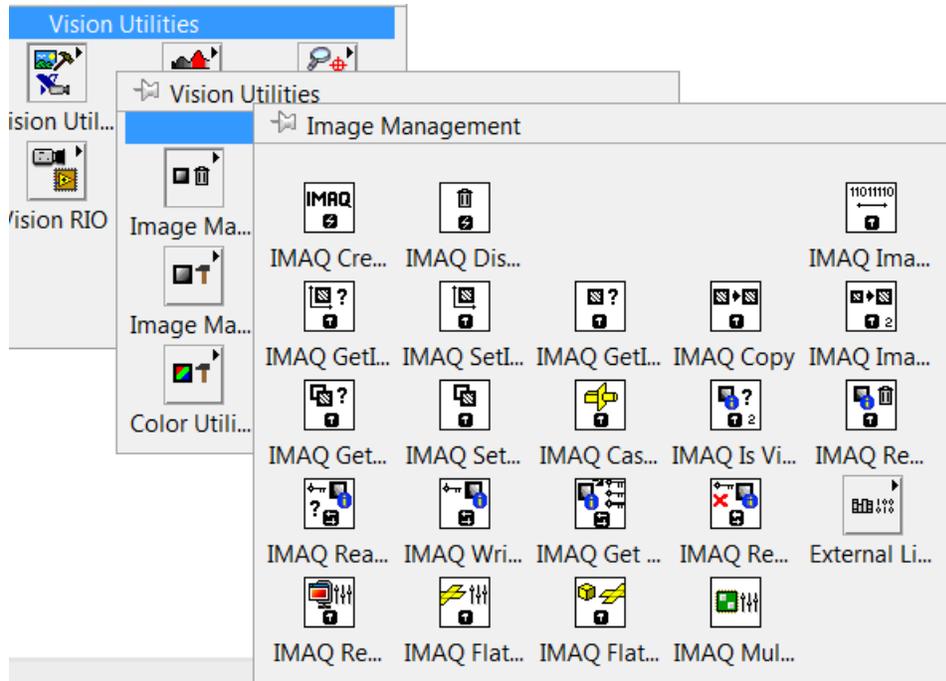
### ■ Vision utilities

Las funciones Vision Utilities permite manipular y desplegar imágenes en IMAQ VISION, en la siguiente figura pero para el estudio se describirán las herramientas de mayor relevancia:



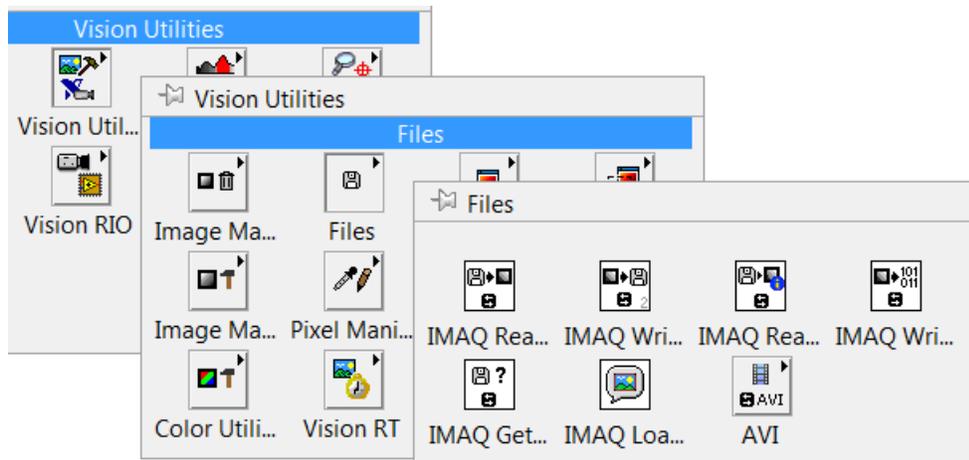
**Figura 211. Paleta de Vision Utilities**

- **IMAGE MANAGEMENT:** En la siguiente figura se indica un grupo de VIs, que nos permite el manejo de imágenes y es usado para crear y disponer de imágenes, se ajusta y se calibra atributos de las mismas, se hace copias de una imagen a otra, también se puede disponer de algunas herramientas avanzadas para definir los bordes de una región de imagen.



**Figura 212. Menú de funciones Image Management**

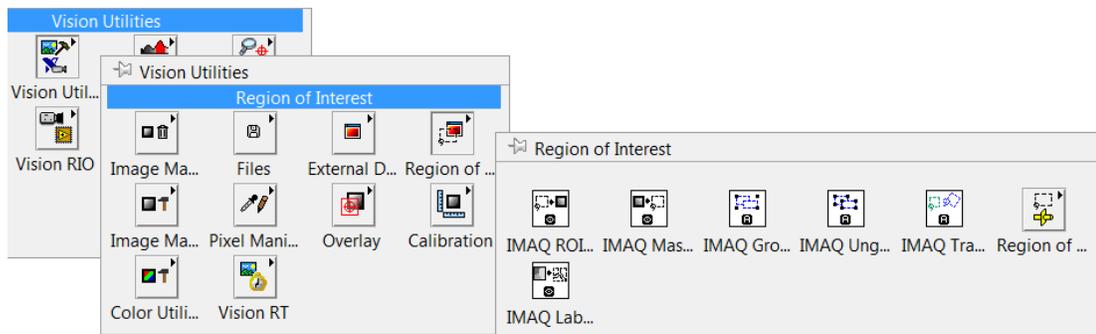
- **FILES:** En la siguiente figura se muestra un grupo de VI's que nos facilita la lectura y escritura de imágenes en archivos en diferentes formatos como .bmp, .jpg, .tiff etc. A mas de esto consigue información acerca del contenido de las imágenes de archivo.



**Figura 213. Menú de funciones Files**

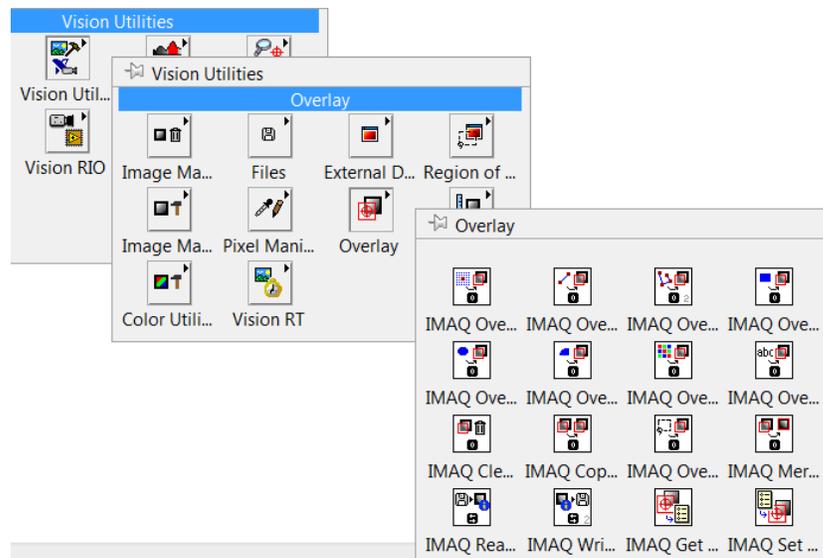
- **REGION OF INTEREST:** El grupo de herramientas que se indica en la figura sirven para manejar las regiones de interés en una ventana de imagen.

Existen varias maneras de interactuar dentro de una ventana de imagen con regiones de interés, estas a su vez pueden ser detectadas de forma manual o programada, también se puede extraer una imagen de máscara que se puede utilizar como plantillas en ciertas aplicaciones.



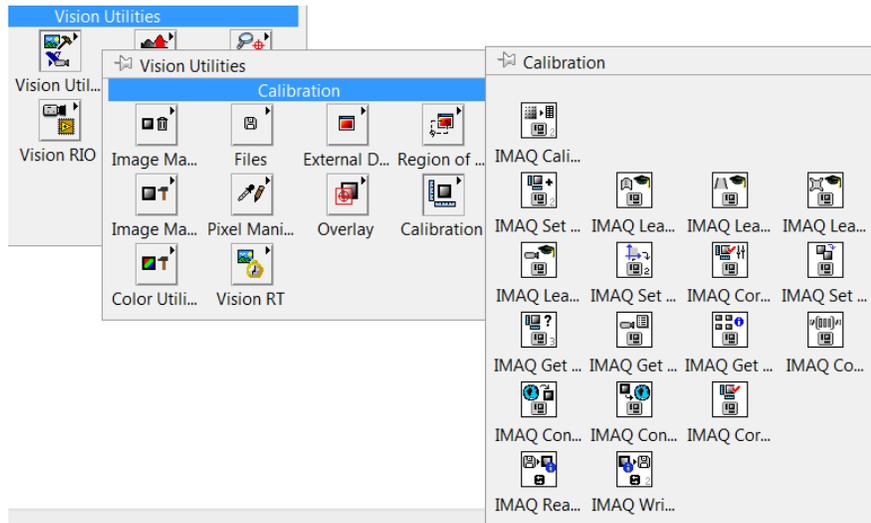
**Figura 214. Menú de funciones Region of Interest**

- **OVERLAY:** En la figura se manifiesta un conjunto de VI que cubren una imagen en pantalla de una forma no destructiva que permiten extraer información sin modificar la imagen actual.



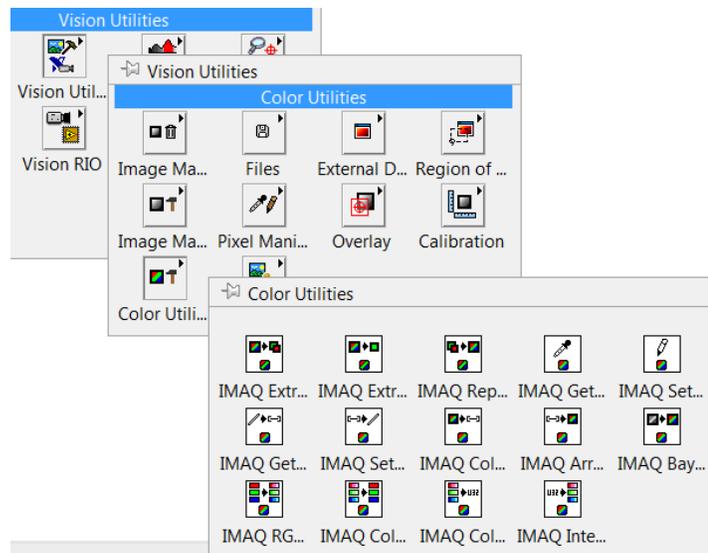
**Figura 215. Menú de funciones Overlay**

- **CALIBRATION:** Es un grupo especial de herramientas que sirven para calibrar las imágenes o mediciones del objeto en la parte real. Esta se lo hace por defectos de posición de cámara, o distorsión en los lentes, en la figura... se ilustra estas VIs.



**Figura 216. Menú de funciones Calibration**

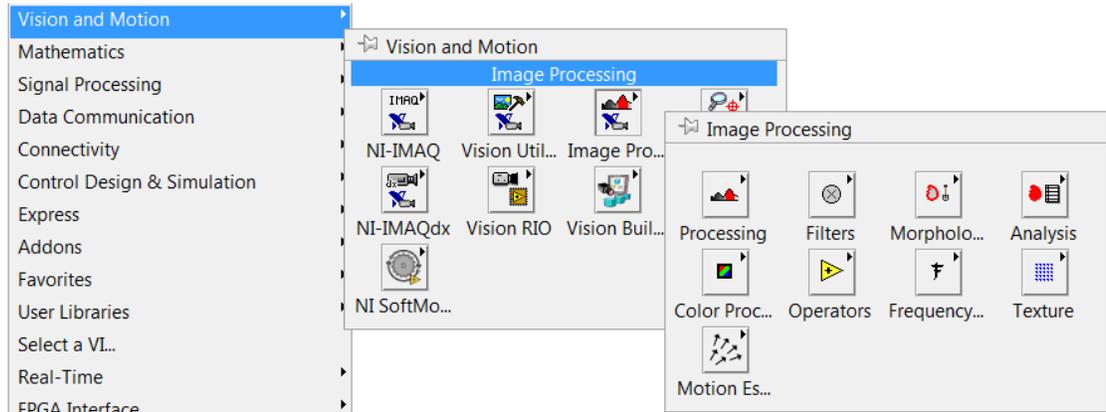
- **COLOR UTILITIES:** En la figura se manifiesta un conjunto de VIs que nos permiten acceder a datos de imágenes de color. El uso de estos VIs, pueden determinar la extracción de color en los formatos RGB y HSL, convertir una imagen de color en un arreglo y viceversa, manipular píxeles de color etc..



**Figura 217. Menú de funciones Color Utilities**

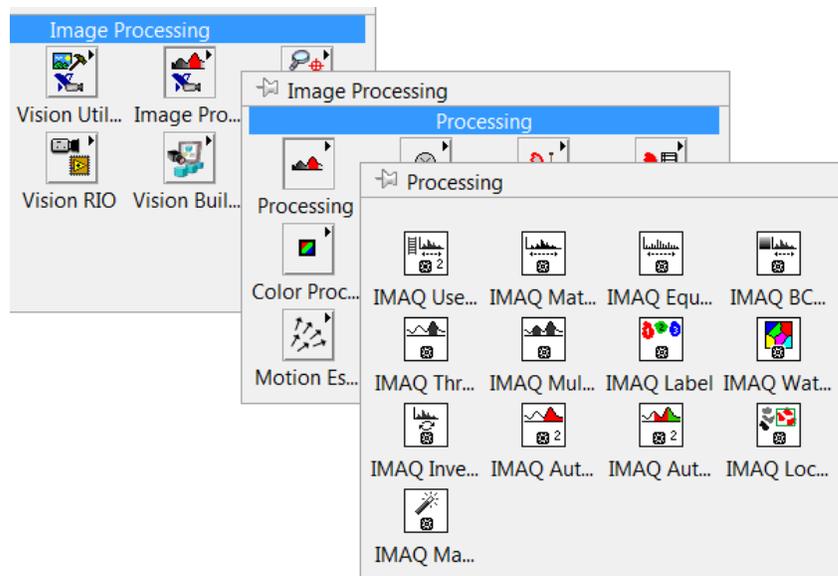
## ■ Image processing

El uso de las funciones de Image Processing expuestas en la figura sirven para análisis, filtrados, y procesamiento de imagen en IMAQ o IMAQdx pero para el estudio se describirán las herramientas de mayor relevancia:



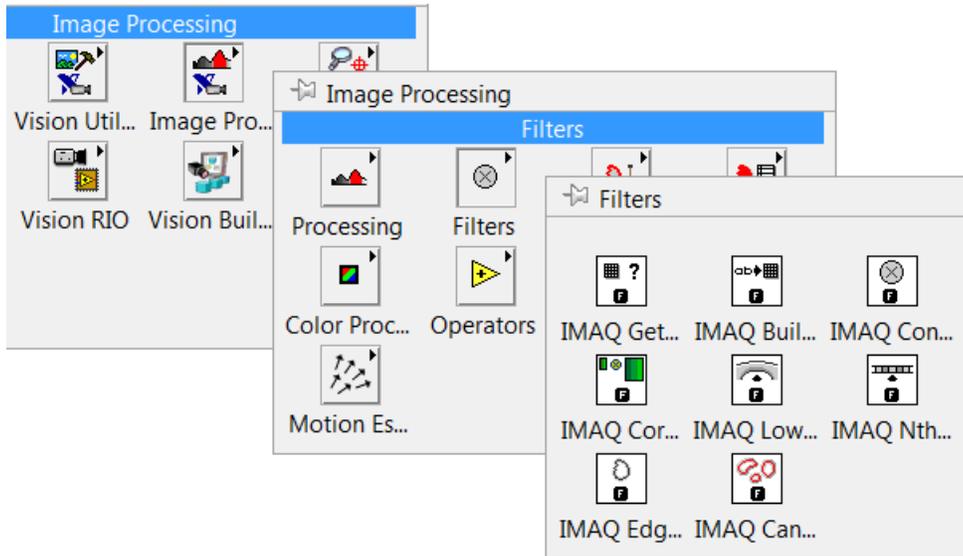
**Figura 218. Paleta de Image Processing**

- **PROCESSING:** Es un grupo de Vis que procesan imágenes en escala de grises e imágenes binarias. También se pueden convertir imágenes en escala de grises a imágenes binarias utilizando métodos de Thresholding.



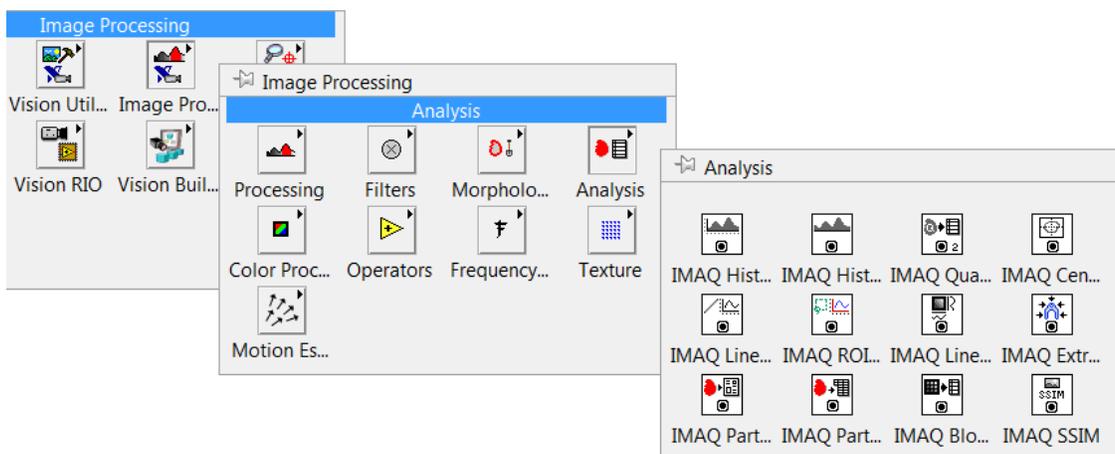
**Figura 219. Menú de funciones Processing**

- **FILTERS:** En la siguiente figura se muestra un conjunto de VIs que fintran una imagen para mejorar la información de la imagen. Usando estos VIs se puede conseguir alizar a la imagen y adquirir detalladamente ciertas características.



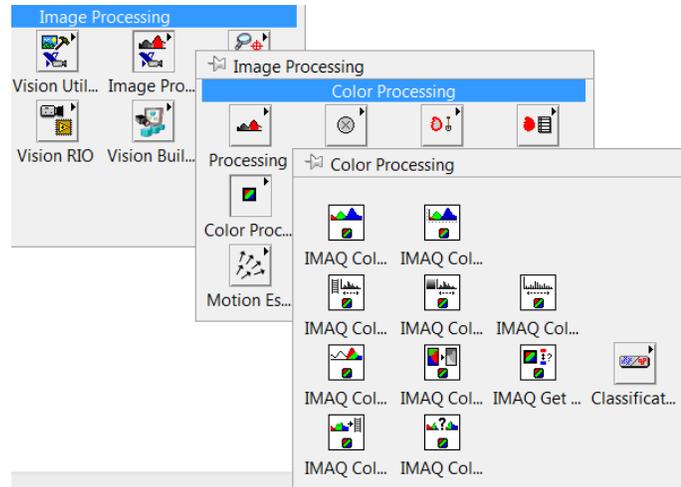
**Figura 220. Menú de funciones Filters**

- **ANALYSIS:** Es un conjunto de VI's que analiza el contenido de una imagen en escala de grises o una imagen binaria. Se aplica para el cálculo del histograma de información y la estadística de una imagen en escala de grises, también se recupera la información a lo largo del perfil unidimensional en una imagen.



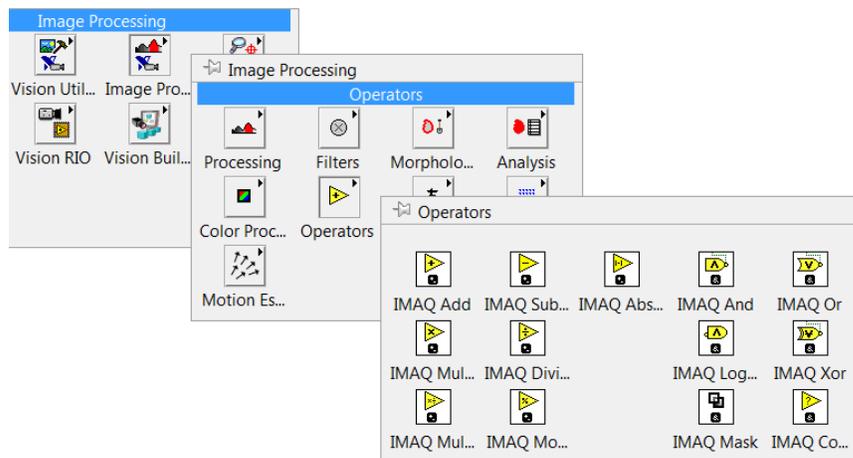
**Figura 221. Menú de funciones Analysis**

- **COLOR PROCESSING:** En la siguiente figura se detalla un conjunto de VIs que analizan y procesan imágenes a color, a través de estas herramientas se puede calcular el histograma de una imagen a color, cambiar el brillo, contraste, adicionar gamas de información asociadas con el color, se puede realizar Thershold, y algunos también pueden realizar comparaciones de color entre imágenes.



**Figura 222. Menú de funciones Color Processing**

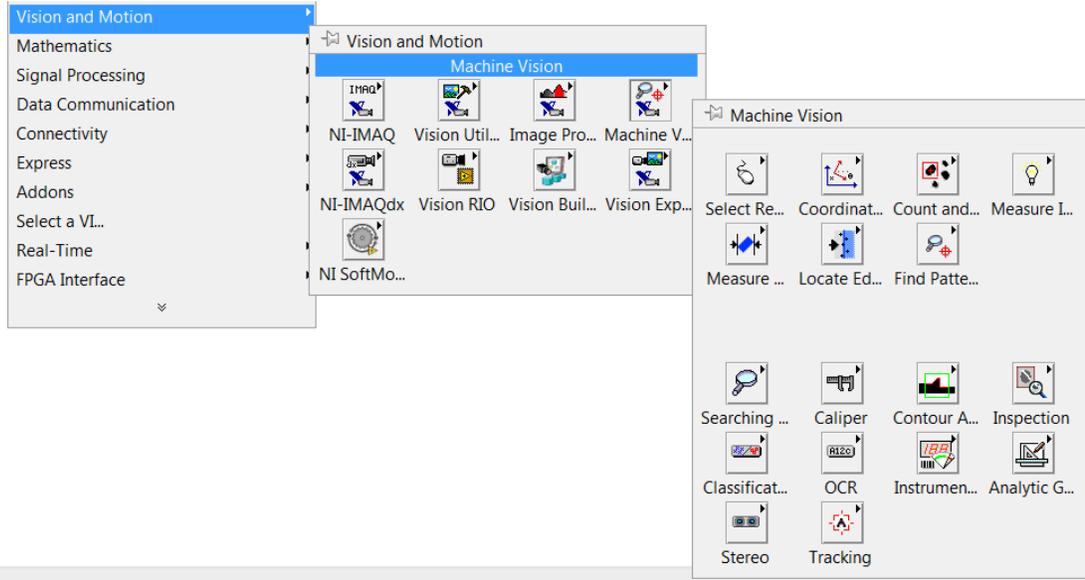
- **OPERATORS:** Realizan operaciones aritméticas y lógicas entre imágenes, como adición, sustracción, multiplicación entre imagen o entre una imagen y una constante. En la que es operaciones lógicas, trata con las operaciones utilizadas en lógica binaria como es AND, OR, NOT entre otras.



**Figura 223. Menú de funciones Operators**

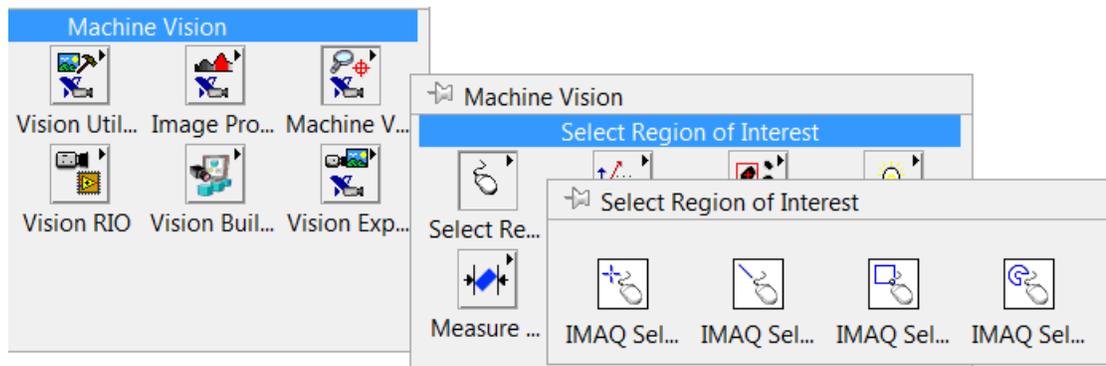
▪ **Machine Vision**

El IMAQ Vision VIs tiene herramientas de alto nivel que simplifican tareas de común observación que se lo hace por medio de Machine Vision.



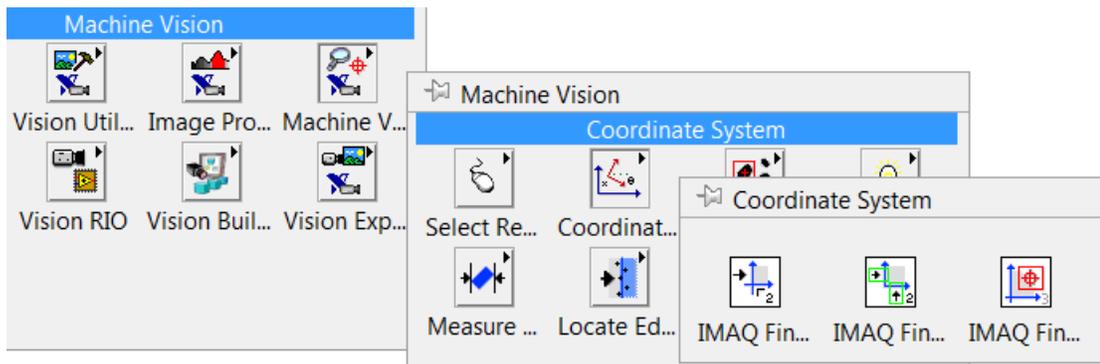
**Figura 224. Menú de funciones Processing**

- **SELECT REGION OF INTEREST:** En la figura se tiene un grupo de VIs que nos permiten seleccionar una herramienta para regiones de interés, dibuja una región específica en una ventana de imagen y retorna información acerca de regiones de programación muy pequeña.



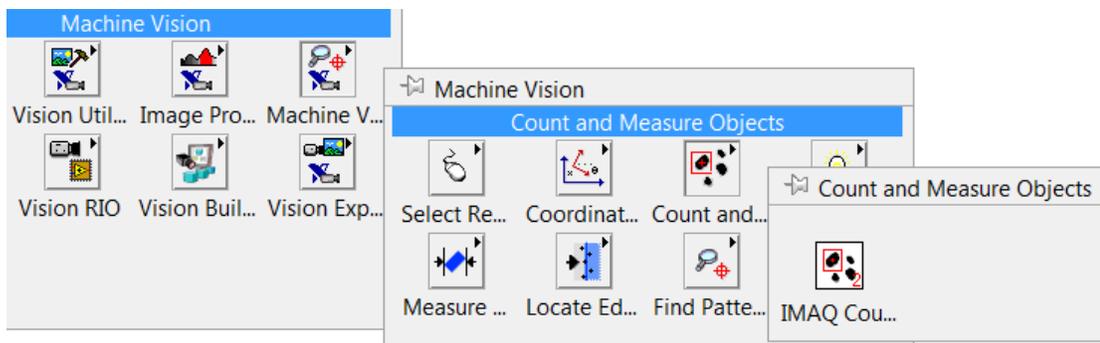
**Figura 225. Menú de funciones Select Region of Interest**

- **COORDINATE SYSTEM:** En la figura se obtiene un grupo de herramientas que marcan un eje de coordenadas de acuerdo a parámetros individuales de cada VI's, esto lo hacen en las ventana de imagen.



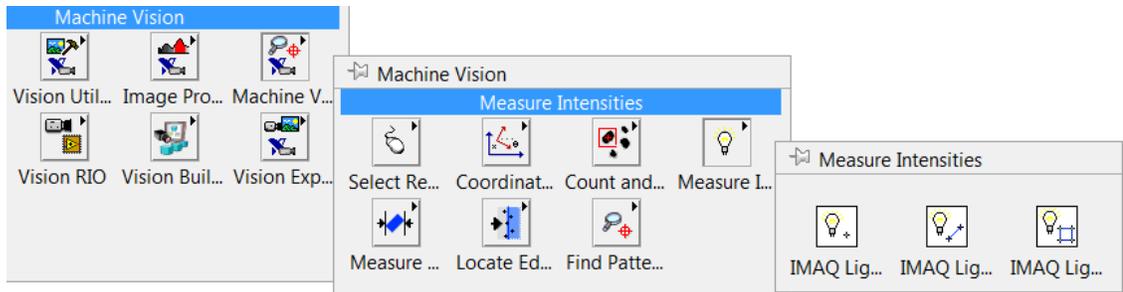
**Figura 226. Menú de funciones Coordinate System**

- **COUNT AND MEASURE OBJECTS:** Este VI's localiza, cuenta y mide objetos en un área rectangular de búsqueda, esto lo hace luego de que se ha tratado una imagen con Threshold y Morphology es decir en una imagen binaria.



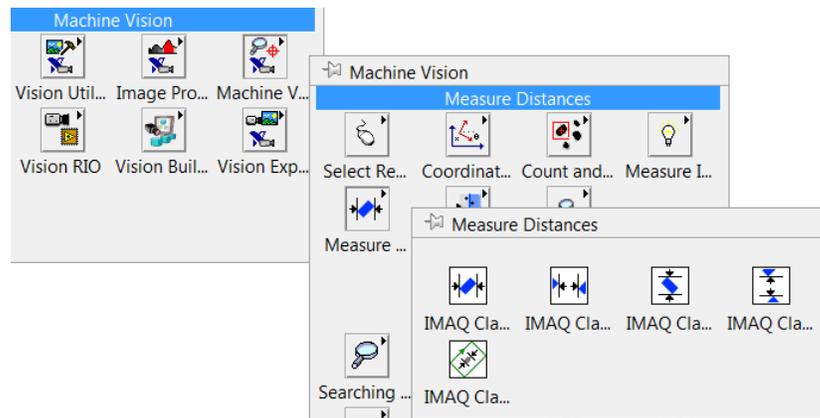
**Figura 227. Menú de funciones Count and Measure Objects**

- **MEASURE INTENSITIES:** Es un grupo de VI's que miden la intensidad de un píxel como punto, la intensidad de los píxeles a lo largo de una línea o a su vez dentro de una región rectangular en una imagen.



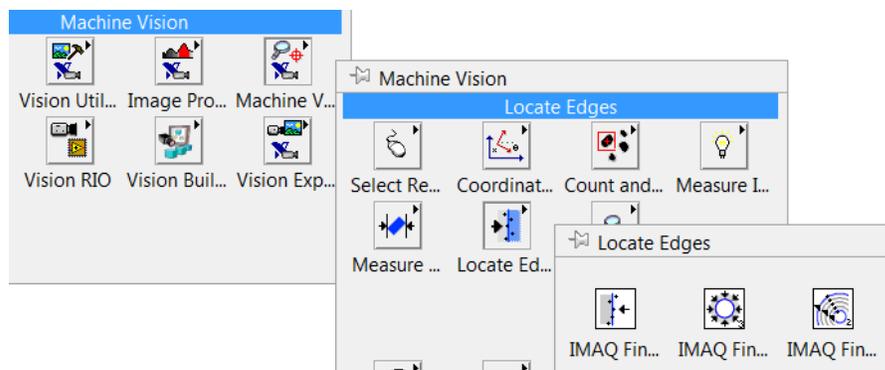
**Figura 228. Menú de funciones Measure Intensities**

- **MEASURE DISTANCES:** En la figura se ilustra un conjunto de herramientas para mediciones de longitud tales como horizontales, vertical, desde el interior a exterior de un objeto.



**Figura 229. Menú de funciones Measure Distances**

- **LOCATE EDGES:** En la figura se ubican herramientas para localización de borde vertical, horizontal y circular.



**Figura 230. Menú de funciones Locate Edges**

## **CAPÍTULO 5**

### **IMPLEMENTACIÓN DE CAMBIOS Y VALIDACIÓN DEL NUEVO SISTEMA**

#### **5.1 DESCRIPCIÓN TOTAL DEL EQUIPO MECATRÓNICO DE PRIMER NIVEL PARA CONTROL DE CALIDAD DE MUNICIÓN 9MM**

La máquina Mecatrónica ha usando no solamente tecnología mecánica convencional, sino también tecnología de ingeniería existente tal como electrónica, ingeniería de sistemas, etc.

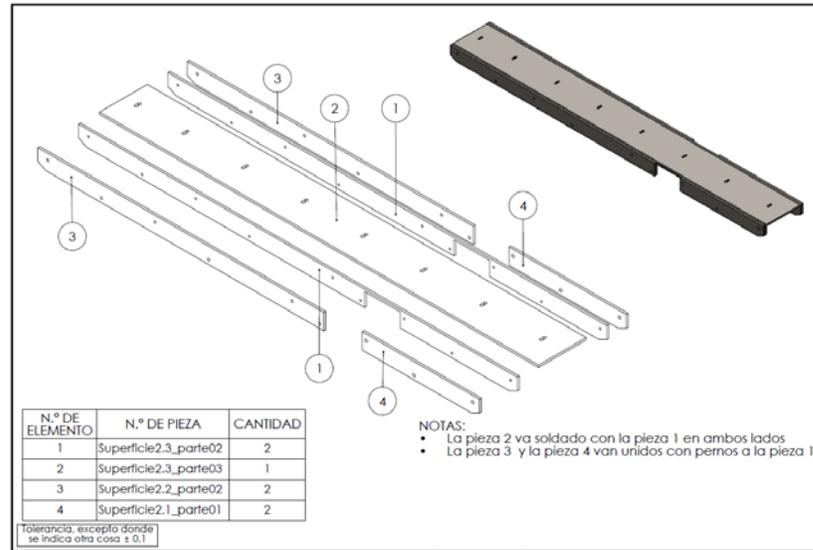
#### **5.2 ENSAMBLE TOTAL DEL SISTEMA**

La máquina Mecatrónica está compuesta por:

- Mecanismos precisos de operación que cumplen funciones principales
- Control de por medios electrónicos
- Y principalmente las SCNI, que precisan un mejoramiento, simplificación para que la aplicación sea precisa.

#### **5.3 PRUEBAS MECÁNICAS**

Los componentes mecánicos fueron diseñados aisladamente del controlador electrónico, los cuales son creados y sintonizados para encajar mecánicamente, manteniendo una funcionamiento de precisión.



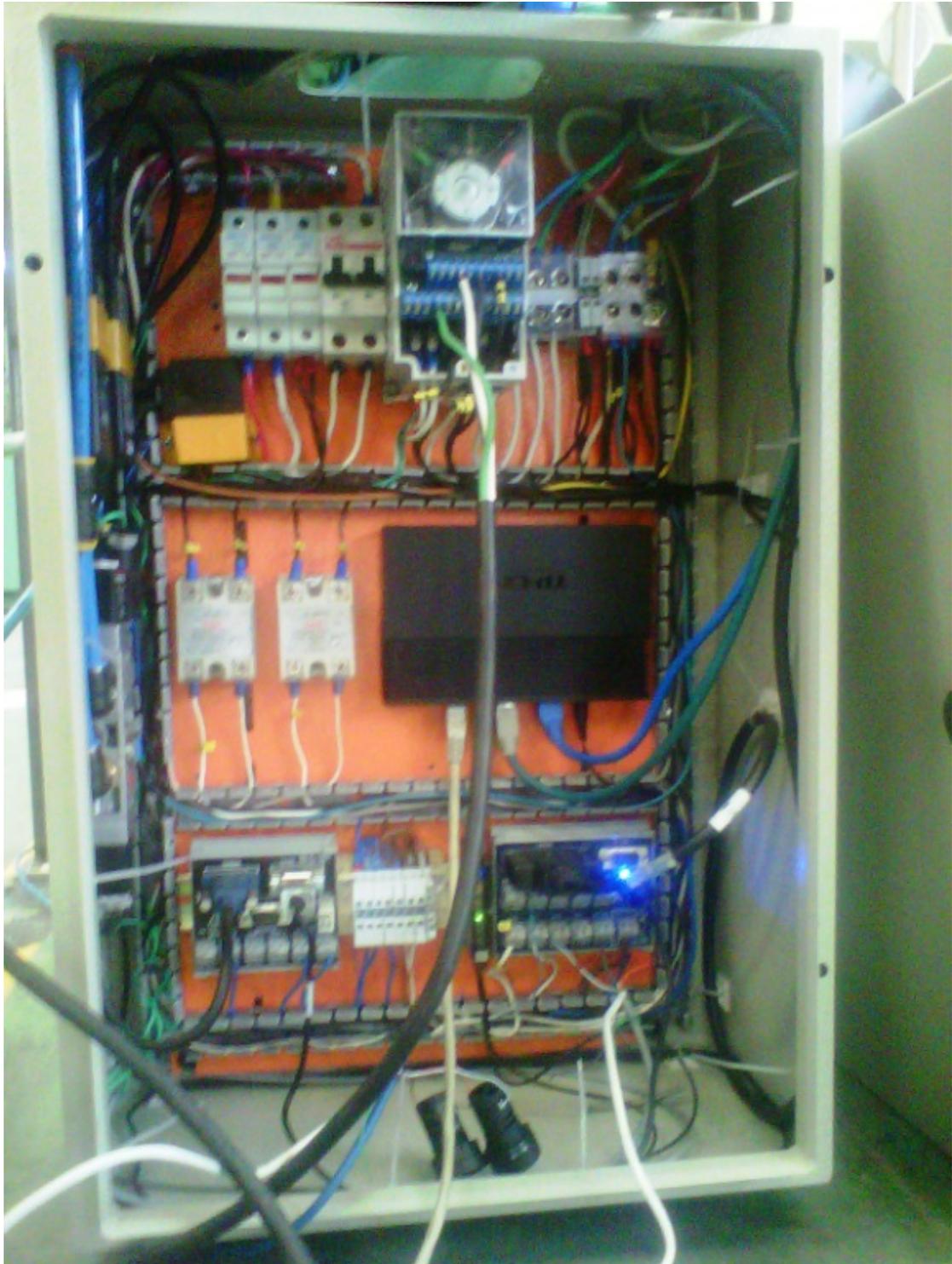
**Figura 234. Pieza base y unión de la banda transportadora**

## 5.4 PRUEBAS ELECTRÓNICAS Y DE CONTROL

La alimentación del tablero de control de la tesis se la obtiene a través del tablero principal de la máquina de pesaje; dado que estas trabajan mutuamente. Las conexiones internas del tablero eléctrico se basaron de acuerdo a las recomendaciones de los equipos eléctricos a controlar, con son calibre de cable, corriente máxima de consumo, protecciones, conexiones a tierra y aislamiento, pruebas de conexión, etc.



**Figura 235. Tablero de control principal de la máquina de pesaje**



**Figura 236. Tablero de control principal de la máquina de pesaje y tablero de control de la banda transportadora**

## 5.5 PRUEBAS DE INSTRUMENTACIÓN MECATRÓNICA

El programa se lo dividió de acuerdo a la inspección que realizará cada cámara:

### 5.5.1 PROGRAMA DE LA SCNI 1742

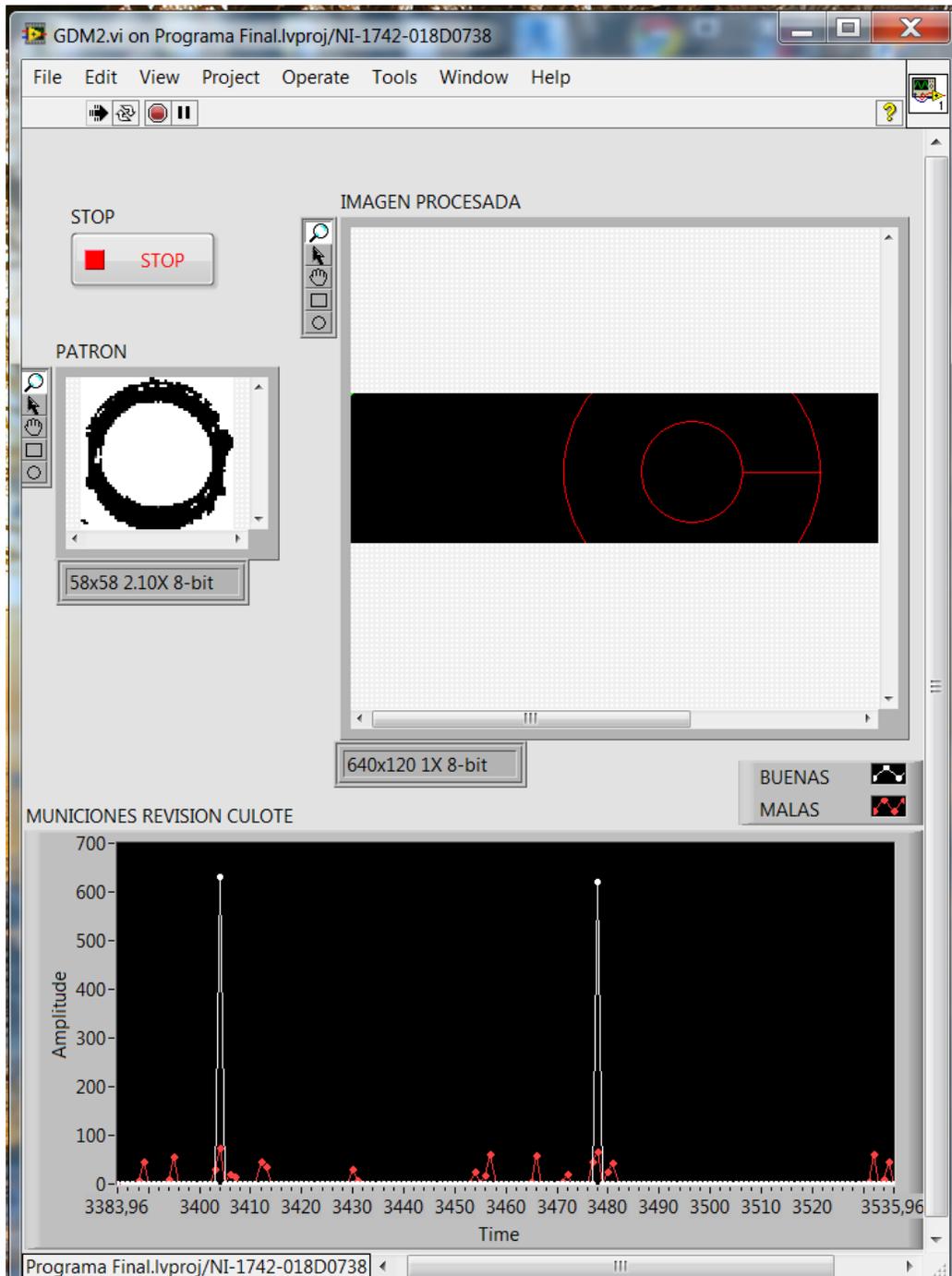


Figura 237. Programa en el Panel Frontal de SCNI 1742

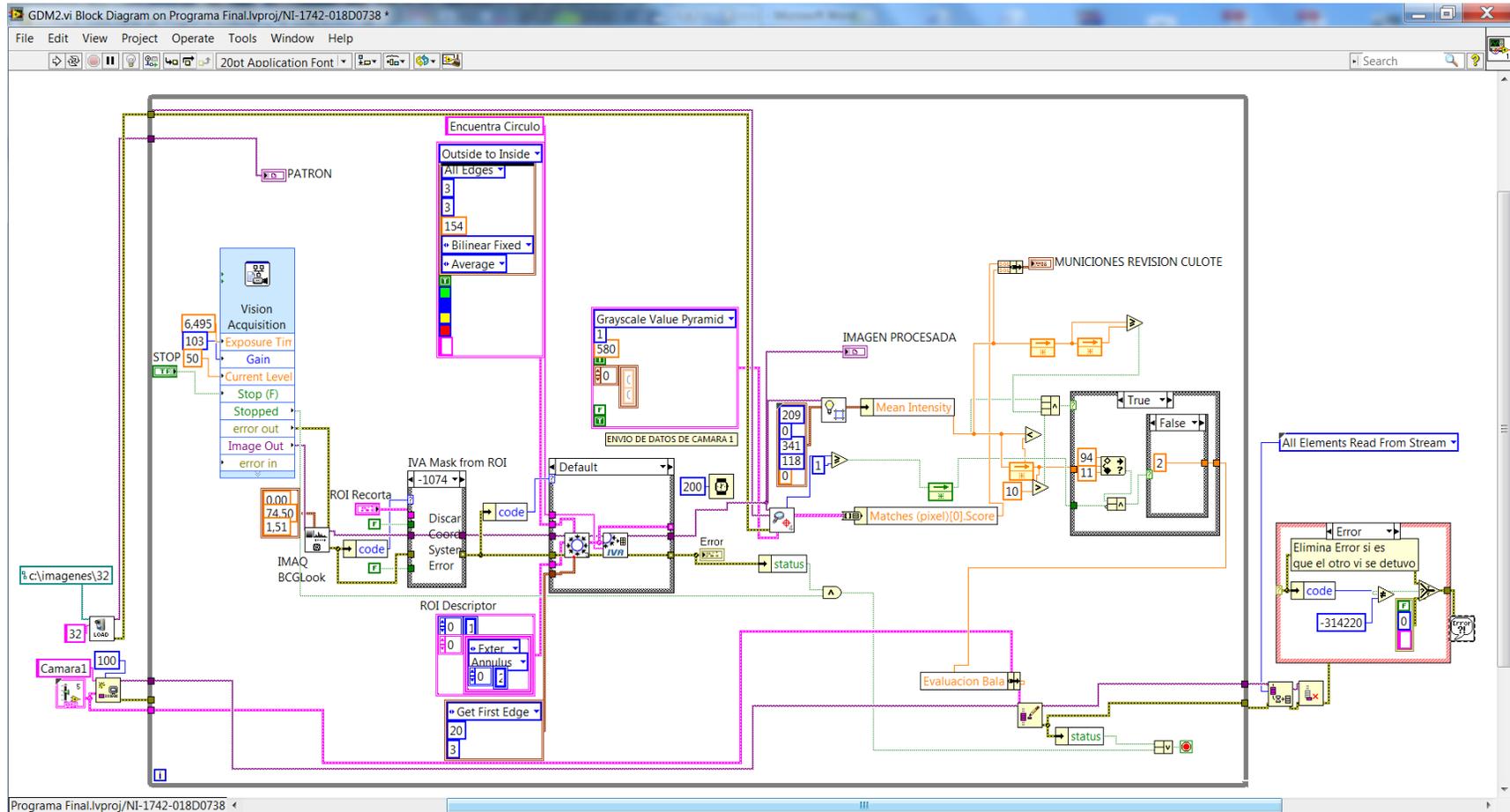


Figura 238. Programa en el panel de bloques de la SCNI 1774C

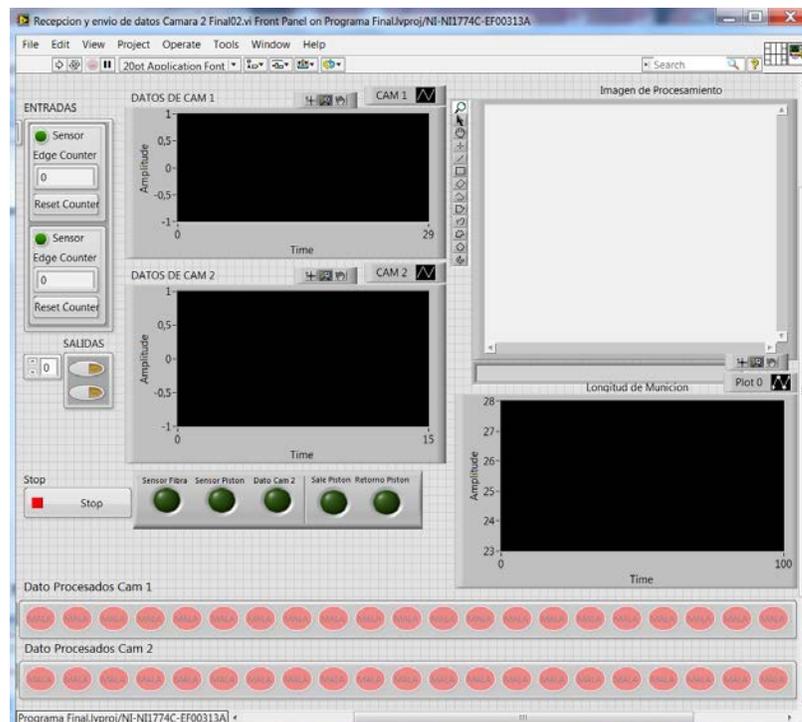
La siguiente tabla es un ejemplo de obtención de datos para realizar las calibraciones respectivas de la SCNI 1742, permitiendo la separación las municiones Buenas y Malas.

**TABLA 61**

**DATOS DE PRUEBAS CON LA SCNI 1742**

Time	MUNICIONES BUENAS	MUNICIONES MALAS
3235	630,33	
3236	0	0
3237	0	13,9559
3238	0	38,0657
3239	0	0
3240	0	36,9881
3241	0	32,5293
3242	0	0
3243	0	23,7704
3244	0	16,6787
3245	0	0
3246	0	8,68805
3247	0	17,6329
3248	0	0
3249	628,42	
3250	0	3,27401

### 5.5.2 PROGRAMA DE LA SCNI 1774C:



**Figura 239. Programa en el Panel Frontal de SCNI 1742**

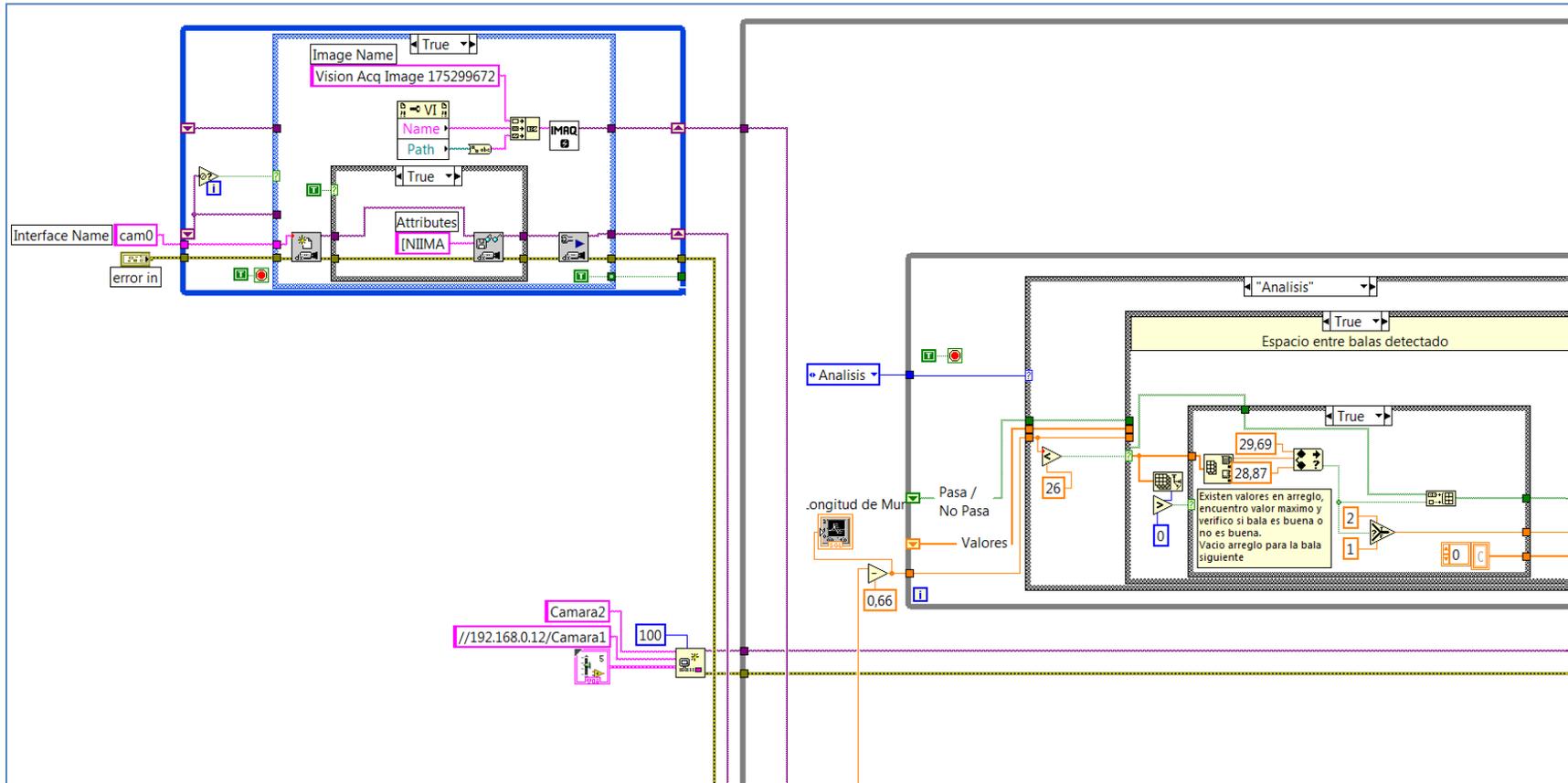


Figura 240. Programa en el panel de bloques de la SCNI 1774C

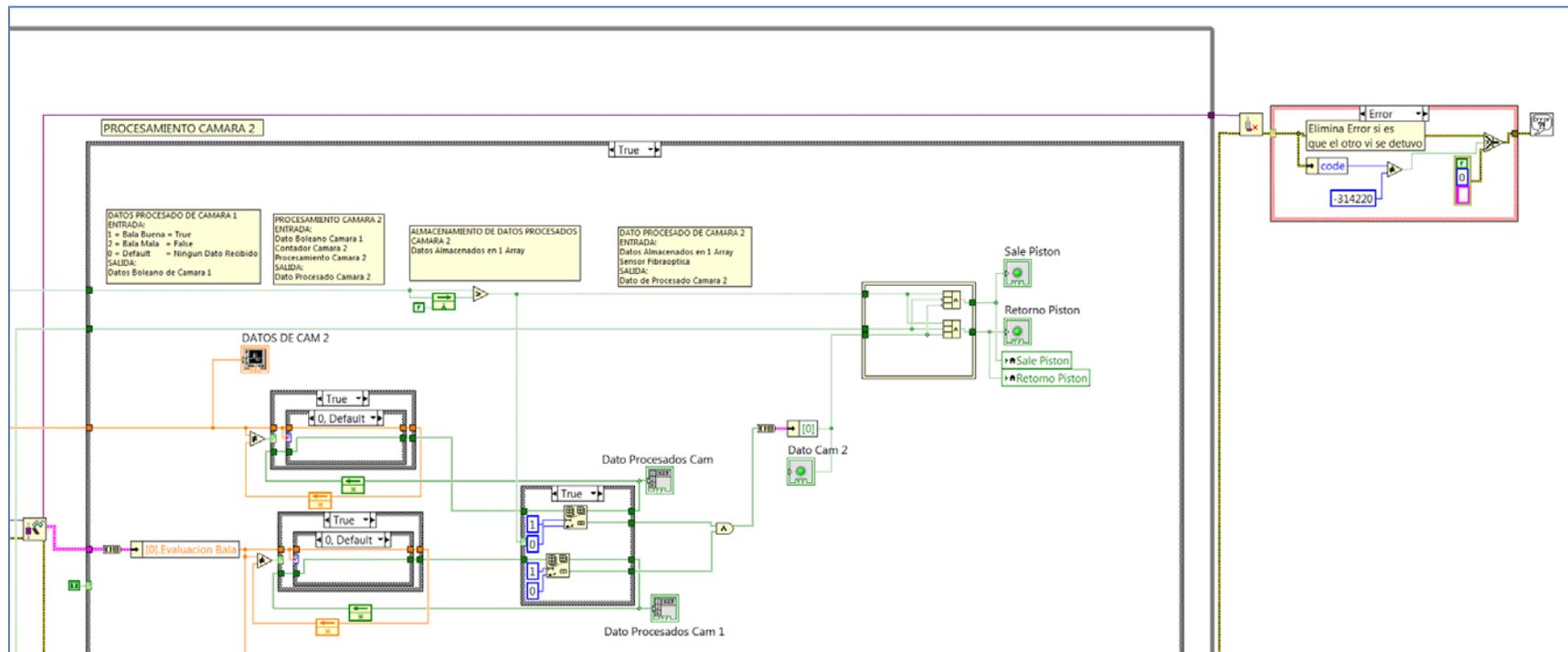


Figura 241. Programa en el panel de bloques de la SCNI 1774C

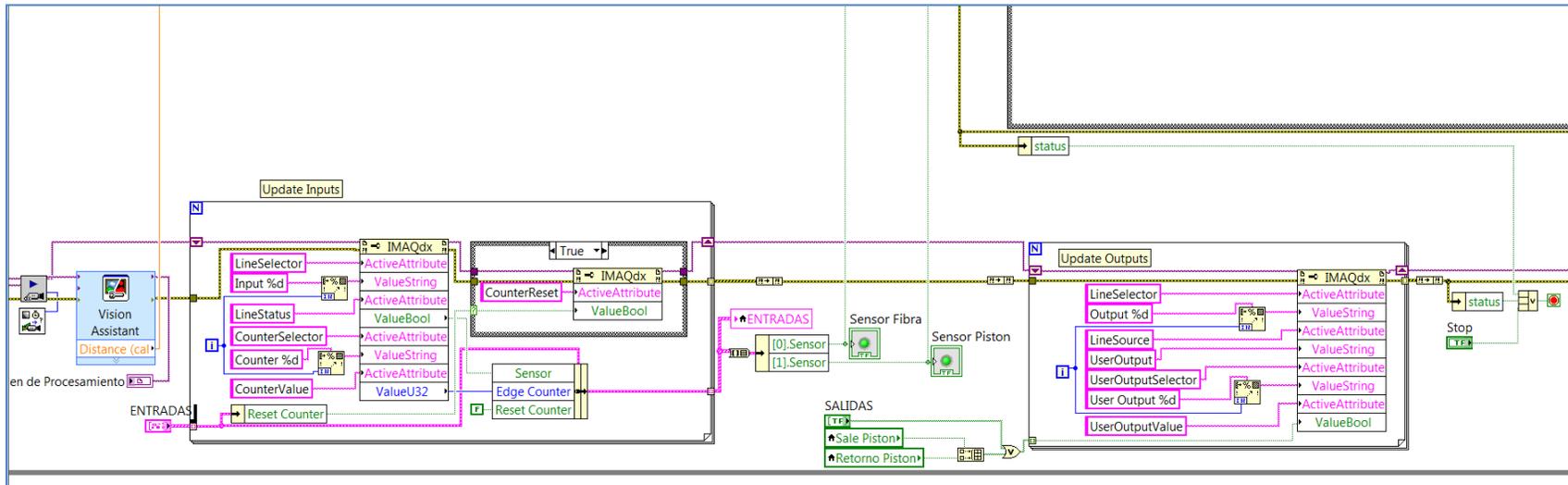


Figura 242. Programa en el panel de bloques de la SCNI 1774C

La siguiente tabla es un ejemplo de obtención de datos para realizar las calibraciones respectivas de la SCNI 1742, permitiendo la separación las municiones Buenas y Malas.

**TABLA 62**

**DATOS DE PRUEBAS DE DIMENSIÓN CON LA SCNI 1774C**

Time	Dimension de Municion	Dimension Min: 28,9
174	23,6511	FALSO
175	29,691	VERDADERO
176	28,9199	VERDADERO
177	23,7796	FALSO
178	28,9199	VERDADERO
179	29,1769	VERDADERO
180	23,9081	FALSO
184	26,0927	FALSO
185	29,0484	VERDADERO
186	24,1651	FALSO
187	23,5225	FALSO
192	27,6348	FALSO
193	23,7796	FALSO
194	29,4339	VERDADERO
195	29,5625	VERDADERO
196	23,9081	FALSO
197	27,3778	FALSO
202	24,6791	FALSO

## CAPÍTULO 6

### ANÁLISIS ECONÓMICO Y FINANCIERO

#### 6.1 ESTUDIO DEL MERCADO

Con el presente proyecto de titulación de pregrado se demuestra la viabilidad de invertir en la máquina de inspección visual para la Empresa “Santa Bárbara” E.P., en este caso en particular se trata para la munición calibre de 9mm pero pueden ser re-utilizado para los diferentes tipos de calibre como son: 5.56 mm, 7.62 y 0.38 a través de su calibración y programación respectiva usando patrones específicos en cada uno de los casos.

La máquina creada para mejorar el proceso de control en busca de fallas tanto en la culata como en el cuerpo de la munición es una opción atractiva para asegurar los buenos niveles de calidad buscados por “Santa Bárbara” E.P mejorando de esta manera el rendimiento de producción y la eficiencia en inspección.

Existen numerosos tipos de máquinas de inspección visual que realizan este tipo de control para diferentes tipos de productos como son para detergentes, comidas, entre varios objetos más, sin embargo el costo oscila entre los \$100000 dólares debido a la alta tecnología usada y autenticación del derecho de programación empleada en el proyecto. Su principio de funcionamiento pueden ser basados en el uso de 4 cámaras de vídeo que capturan la imagen contra una matriz de diodos emisores de luz, obteniendo así el contorno externo del embalaje y también identificando defectos de apariencia. Las cámaras son dispuestas en un arreglo que posibilita la visualización de la imagen por 4 ángulos de visión diferentes y ortogonales entre sí.

Por ello, con este estudio se pretende demostrar que la opción que se utilizó para el control de calidad de la munición fue la óptima en cuanto a costos. Teniendo una inversión considerable para la empresa pero mínima en cuanto a los precios existentes en el mercado.

## 6.2 ANÁLISIS ECONÓMICO

El desarrollo del proyecto se realizó de acuerdo a los elementos y componentes existentes en el mercado local, con la finalidad que se tenga un normal abastecimiento de los mismos cuando se realice la construcción o una posterior reparación de los sistemas mecánicos.

### 6.2.1 COSTOS DIRECTOS

Dentro de los costos directos se encuentra la Materia Prima para cada sistema mecánico de primer nivel, Mano de Obra Directa y Costos de Máquinas Herramientas.

#### 6.2.1.1 Sistema Mecánico

**TABLA 63**  
**COSTO DEL SISTEMA MECÁNICO**

SISTEMA MECÁNICO			
ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Cadena de Transmisión M35	1	\$ 25,55	\$ 25,55
Cadena de Transmisión M40	2	\$ 31,08	\$ 62,16
Eslabón para M35	2	\$ 0,43	\$ 0,86
Eslabón para M40	4	\$ 0,43	\$ 1,72
Piñon Sencillo 21 Dientes	2	\$ 7,41	\$ 14,82
Piñon Sencillo 12 Dientes	1	\$ 4,01	\$ 4,01
Piñon Sencillo 30 Dientes	3	\$ 17,49	\$ 52,47
Piñon Sencillo 23 Dientes	1	\$ 13,33	\$ 13,33
Piñon Sencillo 32 Dientes	2	\$ 13,64	\$ 27,28
Tornillos - Tuercas - Arandelas	S/N	\$ 27,44	\$ 27,44
Plancha de Acero A36 5mm (1440 x 2220)	1	\$ 116,85	\$ 116,85
Plancha de Acero A36 3mm (1440 x 2220)	1	\$ 84,38	\$ 84,38
Plancha de Acero A36 2mm (1440 x 2220)	1	\$ 56,25	\$ 56,25
Plancha de Acero A36 1,1mm (1440 x 2220)	1	\$ 33,12	\$ 33,12
Barra masisa cuadrada de acero (18X18 x 1120)	1	\$ 21,90	\$ 21,90
Barra masisa cuadrada de acero (30x80x180)	2	\$ 10,99	\$ 21,98
Barra masisa cuadrada de duralón (15x50x2000)	3	\$ 31,11	\$ 93,33
Acero DF2 (Diámetro: 1 pulg) (Largo: 2000mm)	1	\$ 79,90	\$ 79,90

Continua →

Acero DF2 (Diámetro: 3/4 pulg) (Largo: 2000mm)	1	\$ 50,00	\$ 50,00
Chumaceras	8	\$ 40,75	\$ 326,00
Proceso de Nitrurado a Accesorios de Cadena	3	\$ 5,70	\$ 17,10
Pernos, Tornillos, Tuercas, Herramienta para Machuelar	S/N	S/N	\$ 10,00
Doblados para Estructura de Cámaras	S/N	S/N	\$ 56,00
Tratamiento Para Rieles	19	\$ 5,70	\$ 108,30
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.304,75</b>
<b>IVA (12%)</b>			<b>\$ 1.461,32</b>

### 6.2.1.2 Sistema Electrónico y De Control

**TABLA 64**

#### **COSTO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL**

<b>SISTEMA ELECTRÓNICO Y DE CONTROL</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
NI 1774C Smart Camera	2	\$ 5.940,00	\$ 11.880,00
Lente de cámara	2	\$ 398,25	\$ 796,50
Iluminación asistida	2	\$ 148,50	\$ 297,00
Kit Smart	2	\$ 546,75	\$ 1.093,50
Sensor Inductivo	2	\$ 136,19	\$ 272,38
Convertidor de Frecuencia 1HP	1	\$ 286,87	\$ 286,87
Pantalla de Conv. Frecuencia	1	\$ 21,35	\$ 21,35
Motor trifásico de 1HP	1	\$ 181,93	\$ 181,93
Gabinete De Tablero Eléctrico	S/N	S/N	\$ 60,00
Cables para conexión varios	S/N	S/N	\$ 100,00
CortaPicos	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Carcasa Para el Motor eléctrico	1	\$ 20,00	\$ 20,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 15.019,53</b>
<b>IVA (12%)</b>			<b>\$ 16.821,87</b>

### 6.2.1.3 Sistema Neumático

**TABLA 65**

#### **COSTO DEL SISTEMA NEUMÁTICO**

<b>SISTEMA NEUMÁTICO</b>			
<b>ELEMENTO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Cilindro de simple efecto	1	\$ 95,78	\$ 95,78
QSL	4	\$ 2,87	\$ 11,48

Continua →

Electroválvula	1	\$ 147,91	\$ 147,91
Inductor de bobina	1	\$ 22,13	\$ 22,13
Caja de enchufe	1	\$ 4,26	\$ 4,26
Silenciador	1	\$ 6,20	\$ 6,20
Unidad de mantenimiento	1	\$ 113,55	\$ 113,55
QS	1	\$ 2,16	\$ 2,16
Tuberías	2	\$ 1,27	\$ 2,54
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 406,01</b>
<b>IVA (12%)</b>			<b>\$ 454,73</b>

#### 6.2.1.4 Mano de Obra

**TABLA 66**

#### **COSTO DE MANO DE OBRA**

<b>HORAS DE TRABAJO EMPLEADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN VISUAL</b>			
<b>Nombre del colaborador del proyecto</b>	<b>Número de horas empleadas</b>	<b>Costo Por Hora de Trabajo</b>	<b>Costo Total</b>
Sr. Fuentes	220	\$ 5,26	\$ 1.157,20
Sr. Aguirre	40	\$ 5,70	\$ 228,00
Sr. García	78	\$ 4,56	\$ 355,68
Sr. León	422	\$ 5,70	\$ 2.405,40
Sr. Rodriguez	14	\$ 5,70	\$ 79,80
<b>TOTALES</b>	<b>774</b>		<b>\$ 4.226,08</b>

#### 6.2.1.5 Máquina y Herramientas

**TABLA 67**

#### **COSTO DE MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS**

<b>Operación</b>	<b>Número de horas empleadas</b>	<b>Costo Por Hora de Trabajo</b>	<b>Costo Total</b>
TORNEADO	40	\$ 10,00	\$ 400,00
RECTIFICADO	120	\$ 10,00	\$ 1.200,00
FRESADO	348	\$ 15,00	\$ 5.220,00
SOLDADURA Y ARMADO	156	\$ 10,00	\$ 1.560,00
PINTADO	24	\$ 10,00	\$ 240,00
TALADRADO	22	\$ 10,00	\$ 220,00
LIMADO	22	\$ 3,00	\$ 66,00
ESMERILADO	10	\$ 2,00	\$ 20,00
SIERRA MANUAL	10	\$ 5,00	\$ 50,00
TALADRO MANUAL	22	\$ 5,00	\$ 110,00
<b>TOTALES</b>	<b>774</b>		<b>\$ 9.086,00</b>

### 6.2.1.6 Costo Total Directo

**TABLA 68**

#### **COSTO TOTAL DEL SISTEMA MECATRÓNICO**

TOTAL DEL EQUIPO MECATRÓNICO DE PRIMER NIVEL		
SISTEMA	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
MECÁNICO	1	\$ 1.461,32
ELECTRÓNICO – CONTROL	1	\$ 16.821,87
NEUMÁTICO	1	\$ 454,73
HORAS HOMBRE	1	\$ 4.226,08
COSTO DE MÁQUINA - HERRAMIENTAS	1	\$ 9.086,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 32.050,00</b>

### 6.2.2 COSTOS INDIRECTOS

**TABLA 69**

#### **COSTO INDIRECTO**

SISTEMA ADMINISTRATIVO - COORDINACIÓN			
ELEMENTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Transporte	S/N	\$ 25,00	\$ 25,00
Impresión de Planos	150	\$ 0,05	\$ 7,50
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 32,50</b>

### 6.2.3 RESUMEN TOTAL DEL COSTO DEL PROYECTO

Con las tablas presentadas del costo directo e indirecto se puede realizar el total del costo del Sistema de Visión Artificial y así determinar un análisis acerca de la ventaja o desventaja de la ejecución del presente proyecto.

**TABLA 70**

#### **COSTO TOTAL DEL SISTEMA**

TOTAL DEL EQUIPO MECATRÓNICO DE PRIMER NIVEL		
COSTOS	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
DIRECTO	1	\$ 32.050,00
INDIRECTO	1	\$ 32,50
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 32.082,50</b>

## 6.2.4 MATERIAL NO OCUPADO

En la siguiente tabla se muestra a detalle el porcentaje del material utilizado en la máquina de inspección visual. El resto de material no utilizado reposa en las instalaciones de la Empresa “Santa Bárbara” E.P.

### 6.2.4.1 Planchas De Acero A36 - Placas de Acero y Ejes

**TABLA 71**

#### MATERIAL NO OCUPADO: PLANCHAS DE ACERO A36

PRIMERA PLANCHA DE ACERO								
NOMBRE DE ELEMENTOS FABRICADOS	MEDIDA DE ELEMENTOS FABRICADOS			ÁREA	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL DE ÁREA UTILIZADA	UNIDAD
	LARGO	ANCHO	ESPESOR					
Tapa Superior y Posterior	2170	760	5	543412,81	mm	2	1086825,6	mm2
Soporte Inferior - Pieza 04	784	345	5	235773,75	mm	2	471547,5	mm2
Soporte Inferior - Pieza 05	550	140	5	77000,00	mm	1	77000,0	mm2
Soporte Inferior - Pieza 06	790	150	5	117600,00	mm	1	117600,0	mm2
Soporte Inferior - Pieza 07	210	140	5	29347,36	mm	1	29347,4	mm2
Soporte Inferior - Pieza 08	165	140	5	23176,77	mm	1	23176,8	mm2
Soporte Inferior - Pieza 09	192	140	5	26880,00	mm	1	26880,0	mm2
Soporte Superior - Pieza 10	257	100	5	21550,00	mm	1	21550,0	mm2
Soporte Superior - Pieza 11	210	110	5	23100,00	mm	1	23100,0	mm2
Soporte Superior - Pieza 12	250	65	5	14780,00	mm	1	14780,0	mm2
Soporte Superior - Pieza 13	105	56	5	5805,66	mm	1	5805,7	mm2
Superficie 1,2 parte 01	750	120	5	90000,00	mm	1	90000,0	mm2
Superficie 1,2 parte 02	750	40	5	29560,52	mm	4	118242,1	mm2
Superficie 2,1 parte 02	295	40	5	11597,36	mm	2	23194,7	mm2
Superficie 2,2 parte 02	720	40	5	28557,45	mm	2	57114,9	mm2
Superficie 2,3 parte 02	1105	40	5	40725,31	mm	2	81450,6	mm2
Superficie 2,3 parte 03	1105	120	5	132600,00	mm	1	132600,0	mm2
Templador 01	212	25	5	4789,43	mm	1	4789,4	mm2
Seguro de eje 04_02_02 - Parte B del seguro del eje	20,5	17,5	5	350,73	mm	2	701,5	mm2
Seguro de eje 04_02_01	65	50	5	2598,72	mm	1	2598,7	mm2
PCB011	90	23	5	1612,37	mm	1	1612,4	mm2
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)							40,5	%
TOTAL DE MATERIAL NO OCUPADO (%)							34,5	%

TABLA 72

## MATERIAL NO OCUPADO: PLACAS DE ACERO

PLACAS DE ACERO									
ORD	LISTA DE MATERIAL PRIMA			NOMBRE DE ELEMENTOS FABRICADOS	MEDIDA DE ELEMENTOS			UNIDAD	CANTIDAD
1	ESPECIFICACIONES	MEDIDA	UNIDADES		LARGO	ANCHO	ALTURA		
	Largo:	180	mm						
	Ancho:	40	mm						
	Altura:	80	mm	PCB010	160	25	60	UNIDAD	1
	Cantidad:	3		PCB01	150	25	70	UNIDAD	1
				PCB010	150	30	60	UNIDAD	1
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					Total				
2	PLACA ACERO DF2								
	ESPECIFICACIONES	MEDIDA	UNIDADES						
	Largo:	50	mm						
	Ancho:	50	mm						
	Altura:	30	mm						
	Cantidad:	1		Parte De Rampa A	50	50	30	UNIDAD	1
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					Total				
3	PLACA ACERO DF2								
	ESPECIFICACIONES	MEDIDA	UNIDADES						
	Largo:	30	mm						
	Ancho:	30	mm						
	Altura:	50	mm						
	Cantidad:	1		Parte De Rampa B	30	30	50	UNIDAD	1
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					Total				
4	CHAVETA								
	ESPECIFICACIONES	MEDIDA	UNIDADES						
	Largo:	150	mm						
	Ancho:	25	mm						
	Altura:	25	mm						
	Cantidad:	1		Parte De Rampa C	150	25	25	UNIDAD	1
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					Total				

TABLA 73

## MATERIAL NO OCUPADO: EJES

EJES								
ORD	LISTA DE MATERIAL PRIMA			NOMBRE DE ELEMENTOS FABRICADOS	MEDIDA DE ELEMENTOS FABRICADOS		UNIDAD	CANTIDAD
1	ACERO DF2	LARGO	DIÁMETRO		LARGO	DIÁMETRO		
	Largo:	50	mm					
	Diámetro:	50	mm					
	Cantidad:	1		Templador 05	26	50	mm	1
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					48	%		
TOTAL DE MATERIAL NO OCUPADO (%)					50	%		
2	ACERO DF2							
	Largo:	2000	mm					
	Diámetro:	1	pulg					
	Cantidad:	1		Soporte de la estructura Circular	140	0,75	pulg	1
				Templador 03	30	0,787401575	pulg	1
				Seguro de Eje 04_02_03	22	0,307086614	pulg	1
				Seguro de Eje 04_02_04	9,5	0,708661417	pulg	1
				Eje 01 - Transmisión de potencia	220	1	pulg	3
				Eje 02 - Transmisión de potencia	250	1	pulg	2
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					68,075	%		
TOTAL DE MATERIAL NO OCUPADO (%)					29,925	%		
3	ACERO TRANSMISIÓN							
	Largo:	2000,00	mm					
	Diámetro:	0,75	pulg					
	Cantidad:	1		Soporte de la estructura Circular	140	0,75	pulg	14
TOTAL DE MATERIAL UTILIZADO (%)					98	%		
TOTAL DE MATERIAL NO OCUPADO (%)					2	%		

## 6.3 ANÁLISIS FINANCIERO

### 6.3.1 RELACIÓN COSTO - BENEFICIO

Finalmente se concluye que el costo total del proyecto es de 32082,5 dólares , por lo tanto, el costo final del proyecto es muy buena opción para la realización del proyecto ya que empresas que ofrecen solo el servicio de inspección artificial sobrepasan los 55000 dólares, representando un ahorro más de 60% en conjunto de todo el sistema mecatrónico realizado en este proyecto. En la figura 72 se muestra algunos valores de costos de empresas que ofrecen el servicio de visión artificial.

PRECIOS DE SISTEMAS DE VISIÓN ARTIFICIAL		
EMPRESAS	FIGURA	PRECIOS
Máquina de Inspección Visual LITE D HD		\$ 60.000,00
Mettler Toledo		\$ 65.000,00
Init		\$ 55.000,00
Q-TECHNOLOGIES GROUP GMBH		\$ 75.000,00
TOP Vision - Viton		\$ 85.000,00

Figura 243. Precios de Sistemas de Visión Artificial por otras Empresas

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

- Se rediseñó la máquina de inspección manual en un sistema mecatrónico de primer nivel con la implementación de componentes neumáticos, electrónicos, eléctricos y visión artificial obteniendo un control de calidad óptimo, eficiente y eficaz para la empresa “Santa Bárbara” E.P.
- El sistema embebido de las cámaras inteligentes NI son sistemas automáticos de inspección visual que procesa imágenes en tiempo real, realizando el análisis a través de la extracción de características específicas de particular interés en la aplicación.
- Se pueden construir distintas secuencias de análisis con el mismo software, pero la mejor secuencia será la que posee el menor tiempo de procesamiento y la mejor fiabilidad, es decir el menor número de falsos positivos o menor tasa de escape.
- El uso del variador de frecuencia permite controlar la velocidad del motor trifásico además de mejorar el proceso y eficiencia energética ya que la potencia varía proporcionalmente al cubo de la velocidad.
- La presente metodología utilizada en la elaboración del programa para el control de calidad de la munición calibre 9mm establece lineamientos generales siendo completamente flexibles, lo cual implica que puede sufrir variaciones dependiendo del alcance del sistema que se desea construir.
- El equipo mecatrónico opera de forma autónoma y aplica exactamente los mismos criterios de calidad a cada unidad revisada (alta fiabilidad), no sufren de estrés ni cansancio visual y no realizan malas interpretaciones de los criterios de calidad como sí lo hacen los operarios humanos.

## RECOMENDACIONES

- Antes de desarrollar el lenguaje de programación con el uso del software previamente seleccionado, se recomienda configurar en prueba y error cada uno de los parámetros como intensidad de luz, enfoque del lente y ubicación de leds y así permita visualizar correctamente a la imagen.
- Es necesario realizar las técnicas de prueba y error para así lograr una alta eficiencia en cada etapa del proceso de construcción de la máquina así como en el desarrollo del software.
- Se recomienda dejar un manual de usuario que describa el sistema en general; contemplando las precauciones que se deben tomar cuando el equipo esté en operación, así como los cuidados de mantenimiento cuando está fuera de servicio. Además, se debe especificar claramente los procedimientos como paradas de emergencia, y paradas puestas en inicio del sistema.
- Para seleccionar correctamente el variador de frecuencia es necesario conocer el tipo de motor (potencia, corriente, voltaje, etc.) y conocer los rangos mínimos y máximos de funcionamiento del mismo.
- Es recomendable utilizar estos sistemas de visión artificial en líneas de producción donde requieran revisar el 100% del producto, revisar grandes volúmenes de producción y si se necesitan realizar inspecciones con una alta precisión durante largos periodos de tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACERIAS BÖHLER Y ACEROS MG. (2012). Recopilando Datos. *Especificaciones de Aceros*, 22.
- APLICAINOX. (2011, Octubre 4). *Acero Inoxidable: El recorrido por sus aplicaciones APLICA-inox*. Retrieved from <http://aplicainox.org/sitio/wp-content/>
- APLICAINOX. (2011, Octubre 4). *Acero Inoxidable: El recorrido por sus aplicaciones APLICA-inox*. Retrieved from <http://aplicainox.org/sitio/wp-content/uploads/pdf/AA03D1.pdf>
- Cameron, J. (2000, Abril 10). *Cameron Militar*. Retrieved from <http://www.municion.org/>
- COPSLOCALES. (2008, Junio 10). *Foro General de Policías Locales*. Retrieved from <http://www.copslocales.com/foro/hilo-de-pruebas-con-armas-municiones-test-etc-vt80.html>
- DeGarmo, E. P., Black, J. T., & Kohser, R. A. (2002). *Materiales y Procesos de Fabricación* (Segunda Edición ed., Vol. 1). España: Reverté, S.A.
- Empresa Alemana. (1969). Características de la Máquina De Visión Manual PC56. Alemania.
- Empresa Alemana. (1969). *Características Del Moto-Reductor*. Alemania.
- ENIGMIND. (2004, Octubre 22). *Indumil*. Retrieved from <https://www.indumil.gov.co/articulo/contenido/52-cat%C3%A1logo-de-productos>
- Faires, V. M. (2008). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Primera Edición ed.). Barcelona: Montaner y Simón S.A.
- Koshkin, N. I., & Shirkévich, M. G. (1975, Abril 15). *Manual de Física Elemental*. Retrieved from [http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din\\_rotacion/alargamiento/alargamiento.htm](http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento.htm)
- MATWEB. (2011, Septiembre 6). *MATWEB*. Retrieved from <http://www.matweb.com/search/MaterialGroupSearch.aspx>

- PHIONE. (2011, Julio 17). *PHIONE Limited the steel specialist*. (L. Suarez , Editor) Retrieved from <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a36>]
- Robert L. Mott, P. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta Edición ed.). México: Pearson Educación.
- Santa Bárbara E.P. (2013). *Características De Munición Calibre 9mm*. Quito.
- Santillana, P. J. (2008, Febrero 22). *OpenCourseWare de la Universidad de Salamanca*. Retrieved from <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/resistencia-de-materiales-ingeniero-tecnico-en-obras-publicas/contenidos/Tema10-Pandeo.pdf>
- SNIPERS ELITE. (2005, Febrero 19). *Snipers Elite*. Retrieved from [www.sniperselite.com.ar](http://www.sniperselite.com.ar)
- Universidad Tecnológica Nacional. (1996). *Estudio De Municiones. Armas&Municiones* (p. 30). Argentina: Impreso en la Facultad Regional Avellaneda.