



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO

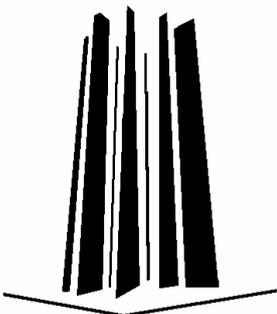
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN

“AUTOMATIZACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DEL
PROCESO DE PROYECCIÓN
TÉRMICA”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICO PRESENTAN

LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS
JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA

MÉXICO, 2006





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS:

A nuestra máxima casa de estudios:

LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO.

A nuestra facultad:

***LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES PLANTEL
ARAGÓN.***

A los profesores:

Que ayudaron en la preparación y formación académica de dos profesionistas.

A mis padres:

***MARÍA LUISA CORTÉS MARTÍNEZ
JOSÉ ANTONIO GÓMEZ PÉREZ***

Con mucho cariño, respeto y agradecimiento. Por haber apoyado este proyecto de vida ya que gracias a ustedes se ha logrado con éxito para uno de sus hijos. Y es y será la mejor herencia que un hijo pueda obtener de sus padres. Para mi no habrá manera de pagar esta inversión que realizaron en mi persona y siempre les viviré eternamente agradecido.

A mi hermano:

CESAR MARCELO GÓMEZ CORTÉS

Por haber faltado en esas horas de juego y por apoyar incondicionalmente para no doblegarme en el camino.

A mis familiares:

Tíos y primos, a todos aquellos que directa o indirectamente siempre me apoyaron para la terminación de mi carrera.

A mi compañero:

JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA

Por brindarme su amistad, confianza y apoyo durante nuestra etapa académica y el tiempo que desarrollamos este trabajo, ya que contó con altibajos pero siempre obteniendo experiencias buenas para el crecimiento tanto profesional como personal de los dos.



A nuestro asesor:

M. I. EDUARDO GARDUÑO.

Por que gracias a sus conocimientos y asesoría se termino este trabajo.

Al equipo de ingenieros:

**ISRRAEL GARDUÑO GARCÍA
JOSÉ LUIS ALMARAZ MORENO
SALVADOR AVILA JIMÉNEZ**

Por su apoyo en la fabricación de las piezas realizadas en el Laboratorio de Manufactura Avanzada de la Facultad de Ingeniería.

Y a todas aquellas personas que intervinieron en el desarrollo del profesionista que hoy tiene uno de los logros más importantes de su vida.

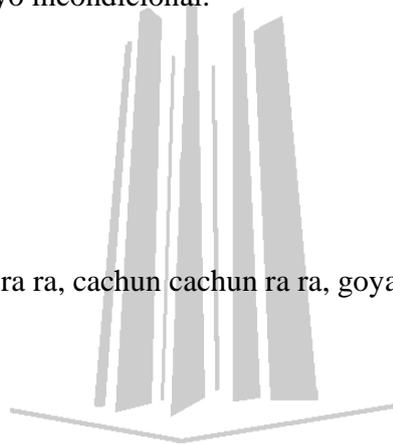
Para ustedes con agradecimiento.

LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS.

AGRADECIMIENTOS:

Ésta tesis fue realizada con mucho trabajo y mucha entrega y debido a las múltiples ocupaciones que a diario tenemos todos, se logró terminar a tiempo, eso si, con algunos tropiezos que más que malos fueron buenos porque nos ayudaron a crecer. No cabe duda que todos necesitamos de todos y le doy gracias a Dios por haberme dado la oportunidad de darme la fuerza para seguir adelante y poner en mi camino a personas tan importantes y especiales para mí, ya que sin ellas no se hubiera podido lograr alcanzar el objetivo de esta tesis. Dentro de las personas involucradas directa e indirectamente a las que dedico esta tesis puedo mencionar a nuestro asesor de tesis el M.I. Eduardo Garduño por su apoyo y facilidades para trabajar, al igual que a su equipo de colaboradores del laboratorio de Manufactura Avanzada de la Facultad de Ingeniería, a mi compañero de trabajo el Ingeniero Enrique Laguna por su paciencia y su ayuda técnica, al Licenciado Leonel Montesinos mi actual jefe por su paciencia para la facilidad de mi horario de trabajo, al C. Luis Antonio Gómez Cortés que además de ser mi compañero de tesis, me ha demostrado desde que lo conozco ser una persona capaz, responsable y decidida en nuestra etapa estudiantil pero sobre todo me ha demostrado una amistad inigualable, a la Universidad Nacional Autónoma de México, a La Facultad de Estudios Superiores plantel Aragón y así grupo de académicos y profesores por su paciencia para la enseñanza, así como a mi hermana Perla González por su apoyo moral, a mi sobrino Aldo Arellano por existir, a mi novia Adi Yazmín Vizuet por su cariño y comprensión, a todos mis amigos y primos por su apoyo moral y sobre todo a mi madre Teresa de Jesús Loera por su ayuda económica, moral, sentimental y su apoyo incondicional.

Goya, goya, cachun cachun ra ra, cachun cachun ra ra, goya, Universidad.



*José Manuel González Loera
Por mi raza hablará el espíritu*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
1. GENERALIDADES DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA.	
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE PROYECCIÓN TÉRMICA.	3
1.2.1 PROCESO DE PROYECCIÓN POR FLAMA.	3
1.2.2. PROCESO DE PROYECCIÓN POR ALAMBRE.....	6
1.3. MATERIALES PARA LA PROYECCIÓN.	7
1.3.1. MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE POLVOS.....	7
1.3.2. MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE POLVOS.....	10
1.3.2.1. TAMAÑO DE GRANO.....	10
1.3.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO Y DE FASES.	11
1.3.2.3. MORFOLOGÍA DE LOS GRANOS.	11
1.3.2.4. DENSIDAD APARENTE Y FACILIDAD DE FLUJO.	12
1.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA.....	13
1.5. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA.	20
2. DISEÑO DEL EQUIPO DE PROYECCIÓN TÉRMICA AUTOMATIZADO.	
2.1. INTRODUCCIÓN.....	24
2.2. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD.....	25
2.3. DISEÑO CONCEPTUAL.....	27
2.3.1. GENERACIÓN DE SOLUCIONES.....	27
2.3.2. AMBIENTE DE TRABAJO.	28
2.3.3. GENERACIÓN DE IDEAS.....	28
2.3.4. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES.....	28
2.3.5. MÉTODO DE CONVERGENCIA CONTROLADA.....	29
2.3.6. PROCEDIMIENTOS PARA MINIMIZAR LA VULNERABILIDAD DEL CONCEPTO.....	29
2.4. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO.	38
3. FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA.	
3.1. DISEÑO DE DETALLE.	40
3.2. ESPECIFICACIONES DEL COMPONENTE DE DISEÑO.	40
3.3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DISEÑO.	42
3.4. DISTINTOS TIPOS DE MODELADO.	43
3.5. REPRESENTACIÓN DEL DISEÑO MEDIANTE EL MODELADO DE SÓLIDOS.	43
3.6. MAQUINADO.....	47
3.7. MATERIALES DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS.....	50
3.8. MOVIMIENTO RELATIVO PIEZA / HERRAMIENTA.	51
3.9. FRESADO.....	52

3.10.	ESPECIFICACIONES.	53	
3.11.	ELEMENTOS DE ENSAMBLE.	56	
4. BANCO DE PRUEBAS DEL EQUIPO AUTOMATIZADO			
4.1.	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (MECANICA) DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA.	57	
4.2.	SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (ELECTRÓNICA) DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA.	61	
5. DISCUSIÓN DEL RESULTADO.			77
5.1.	RESULTADOS DEL EQUIPO DE AUTOMATIZACIÓN.	80	
5.2.	APLICACIÓN A FUTURO.	80	
CONCLUSIONES.		82	
BIBLIOGRAFÍA.		86	
ANEXOS.		87	

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen distintos procesos de recubrimiento, cada uno con distintas características. Dentro de estos procesos podemos mencionar el sistema de rociado térmico, sistema de HVOF, sistema de plasma, sistema de alambre, entre otros. Cada uno puede ser manejado por el ser humano, es decir, en forma manual y debido a esto presenta deficiencias como pueden ser la mala colocación de partículas, acabados de baja calidad y un factor importante que surge en estos procesos que es la fatiga de la mano de obra humana, la cual trae como consecuencia que los accidentes sean más propensos dentro del área de trabajo y por consiguiente provoquen pérdidas monetarias.

En esta tesis se desarrollará el trabajo de automatización para este tipo de procesos con un enfoque al equipo de proyección térmica, que aunque es un poco obsoleto, aún se sigue utilizando debido a su facilidad de manejo ya que se puede proyectar una gama muy amplia de materiales y aleaciones a las piezas de trabajo, esto con la finalidad de obtener ahorros monetarios, un recubrimiento más óptimo y de mejor calidad, así como un mayor número de producción a bajo costo.

Para lograr obtener el proceso de automatización trataremos de acoplar una pistola de rociado térmico por flama a un brazo mecánico del tipo industrial llamado MOTOMAN. Esto se realizará buscando siempre una forma práctica, fácil y amigable para el usuario y a su vez con bajos costos para su producción.

CAPITULO 1

GENERALIDADES DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA

1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se explicarán los distintos tipos de procesos existentes para la proyección térmica¹ (rociado metálico o metalización de piezas), así como las características de estos y dando a conocer los diferentes materiales que pueden utilizarse para tal proceso. También se darán a conocer los diferentes pasos que se deben llevar a cabo para la preparación de la pieza, dentro de los cuales se debe proporcionar una buena limpieza para así obtener la adherencia de nuestro material proyectado y con ello llegar al resultado deseado. Ver figura 1.1.1.

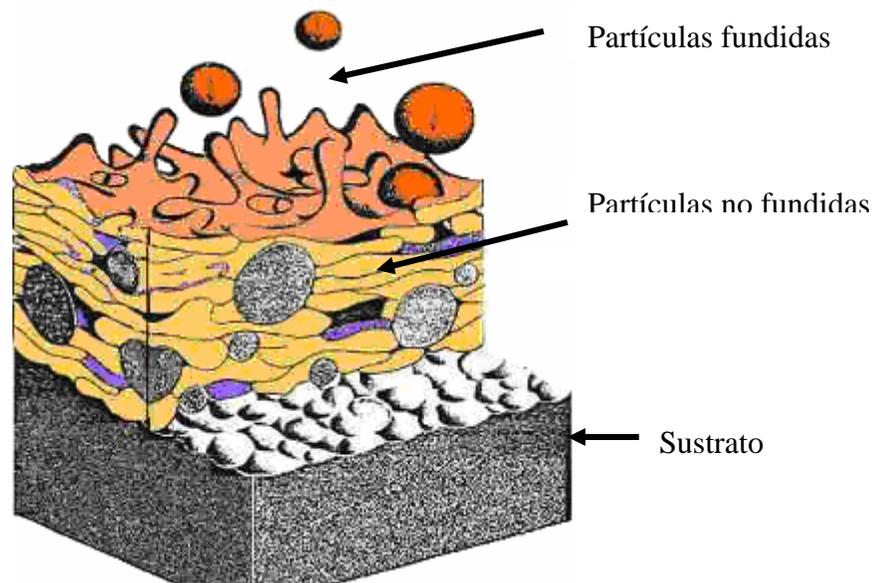


Fig. 1.1.1. Diagrama esquemático de rociado térmico donde el material es impulsado a alta velocidad y temperatura hacia la pieza de trabajo

Las técnicas de rociado térmico utilizan sistemas de combustión por combustible, plasma rociado y aporte por arco eléctrico. Los recubrimientos pueden aplicarse bajo condiciones atmosféricas normales o en ambientes especializados con un control ambiental altamente controlado. Esta técnica se puede aplicar además en forma manual, mecánica y/o con un robot programado a través de un software.

¹ La primera proyección térmica que se realizó en el mundo fue en el año de 1902 por el ingeniero suizo M. U. SCHOOP.

Dentro de la clasificación de los procesos para la proyección se pueden mencionar los siguientes: proyección por flama, proyección por alambre, proyección por plasma, proyección por alta velocidad de oxígeno y combustible comúnmente conocido como HVOF y un último que es el de proyección por detonación. Estos procesos son utilizados dependiendo del tipo de material con el cual se realizará el recubrimiento. En este trabajo nos enfocaremos principalmente en el proceso de proyección por flama, esto debido a que es el más comúnmente utilizado tal vez debido a su fácil manejo y aplicación. También se darán a conocer las ventajas y desventajas de este último con respecto a los demás procesos. Todos estos procesos tienen en cierta forma una automatización común la cual se explicará en forma explícita.

En la actualidad existen distintas necesidades y dependiendo de éstas se utilizará el proceso de proyección térmica más conveniente de tal forma que se logren ahorrar los costos de reparación de cada pieza requerida, ya que es más costeable rehabilitar la pieza que adquirir una nueva, esto debido a que a parte de dar a la pieza reconstruida las propiedades específicas con las que fue elaborada, se puede ampliar su gama de propiedades para obtener un mejor tiempo de vida. Para esto se pueden utilizar los procesos antes mencionados según convenga y con ello encontrar una solución más adecuada.

1.2. CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE PROYECCIÓN TÉRMICA

Los procesos de proyección térmica se clasifican dependiendo del tipo de combustible a utilizar:

- ❖ Proceso de combustión. Dentro de este proceso se clasifican los siguientes tipos de proyección.
 - Rociado por llama o flama
 - HVOF (High Velocity Of Flame)
 - Detonación

- ❖ Proceso eléctrico. Dentro de este proceso se clasifican los siguientes tipos de proyección.
 - Arco eléctrico
 - Plasma

1.2.1. PROCESO DE PROYECCIÓN POR FLAMA

El proceso de proyección por flama fue utilizado por primera vez en 1902 por el ingeniero suizo M. U. Schoop. Este proceso es el más antiguo de todos.

En este tipo de procesos se utilizan polvos metálicos como material de relleno, el cual se funde por medio de un proceso de combustión en los que se involucran diferentes gases los cuales son: el *oxígeno* como base el cual es utilizado como carburante y se puede utilizar el *acetileno, nitrógeno o propano* como combustible, esto dependiendo del material a fundir.

El principio fundamental de este proceso es el de llevar a cabo la fundición del material en la punta de la pistola, en la cual el material fundido sale disparado con la ayuda de la inyección de aire comprimido, proyectando con ello el material sobre la superficie de trabajo, la cual preparada previamente y por medio de la rugosidad del material base se logra que se adhiera a ésta entretejiendo de tal forma que se crea una estructura coherente como lo muestra la figura 1.2.1.1.

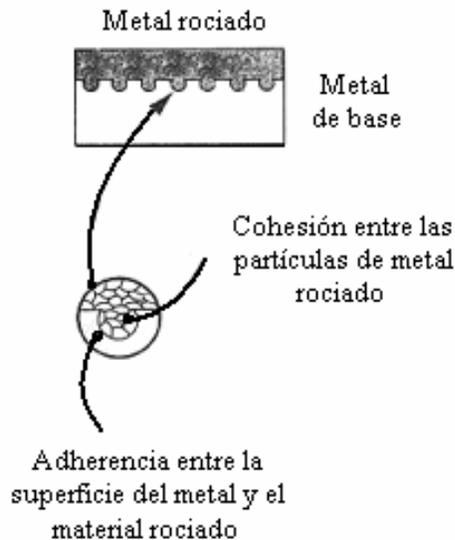


Figura 1.2.1.1. Liga de la superficie

Con este proceso se pueden tratar los materiales a reparar con un punto de fusión por debajo de los 2,750° C (5000° F). Dentro de las piezas de trabajo se pueden reparar madera, plástico, así como otros materiales blandos y metales como el aluminio, ya que gracias a que las partículas de metal rociadas son transportadas por un flujo de aire, esto ayuda como un entorno refrigerante dando como resultado la no alteración de las características físico-térmicas de la pieza a renovar. En la figura 1.2.1.2 se muestra un diagrama básico de un equipo de proyección por flama y en la figura 1.2.1.3 se muestra la estructura principal de una pistola de proyección.

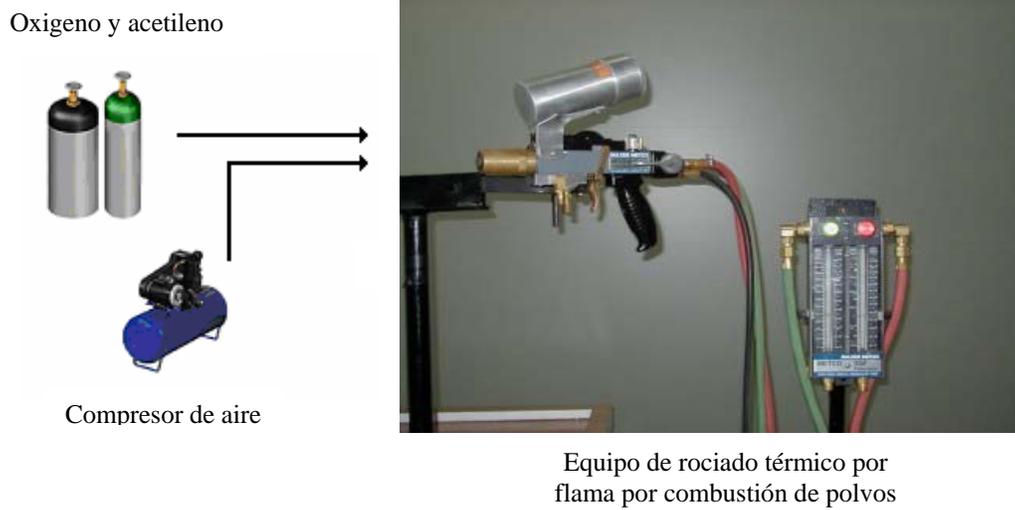


Figura 1.2.1.2. Diagrama de instalación del rociado térmico por flama

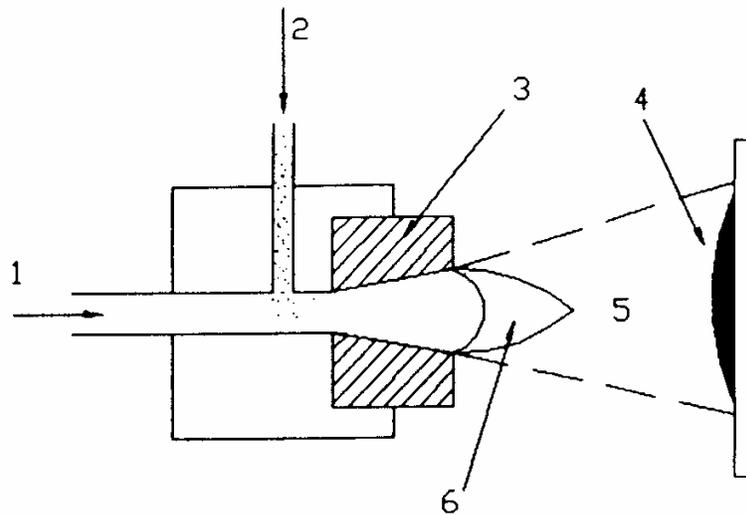


Figura 1.2.1.3. Esquema de rociado térmico por flama (FS). 1. Flujo de los gases (combustible y oxígeno); 2. Inyección de polvos; 3. Protección del soplete; 4. Recubrimiento; 5. Corriente de partículas; 6. Combustión de la flama

Este tipo de proceso es el más comúnmente utilizado en la industria, ya que es empleado en procesos específicos de manufactura minoritaria, dando como resultado bajos costos en la mantención y reparación de piezas de equipos.

1.2.2. PROCESO DE PROYECCIÓN POR ALAMBRE

Este proceso fue llevado a cabo por primera vez en 1938 y se desconoce quién fue la primer persona en ponerlo en marcha. Este consiste en la utilización de dos electrodos de alambre, un de carga positiva (+) y el otro de carga negativa (-), los cuales son alimentados en forma continua por medio de carretes.

En el interior de la pistola los dos electrodos al entrar en contacto por medio de una carga eléctrica, hacen que se unan y en combinación del agente combustible se funden y el material es expulsado de la pistola de proyección con ayuda de un flujo de aire comprimido en forma de finas partículas, las cuales viajan hasta impactarse en la pieza a recubrir. El contacto entre los electrodos se realiza en forma de pulsaciones a una velocidad de 100 veces por segundo aproximadamente.

En éste tipo de procesos se pueden tener dos electrodos de materiales distintos como máximo, un tipo para el cátodo y otro para el ánodo, produciendo con ello una mezcla homogénea y con ello dando una superficie resistente al desgaste. Debido a que este proceso utiliza la energía eléctrica para su funcionamiento se emplean moto generadores o fuentes de energía de estado sólido, ya que se deben de ocupar corrientes de entre 50 y 650 amperios, esto hace que la rapidez del proceso sea mayor con respecto a los demás procesos llegando a alcanzar velocidades de desplazamiento de hasta 60 metros por segundo con depósitos de 0.3 a 0.5 milímetros. Para un mejor resultado del proceso, la pistola rociadora debe de estar separada del material a proyectar o pieza en reparación entre 25 y 30 centímetros (10 a 12 pulgadas) y con esto utilizar el 100 % del material de rocío.

Este proceso involucra algunos factores de riesgo; dentro de ellos se encuentra la alta velocidad a la que se debe realizar el trabajo provocando con esto humos, polvos y gases nocivos para la salud del operario, dando como resultado que éste utilice equipo de protección como lo son gafas con vidrios de sombras del número 4 o 5 según lo requiera, así como la utilización de pantallas protectoras en la pistola de proyección. Un ejemplo de equipo de proyección por alambre se ilustra en la figura 1.2.2.1 y un diagrama básico de la pistola de proyección por alambre se ilustra en la figura 1.2.2.2.

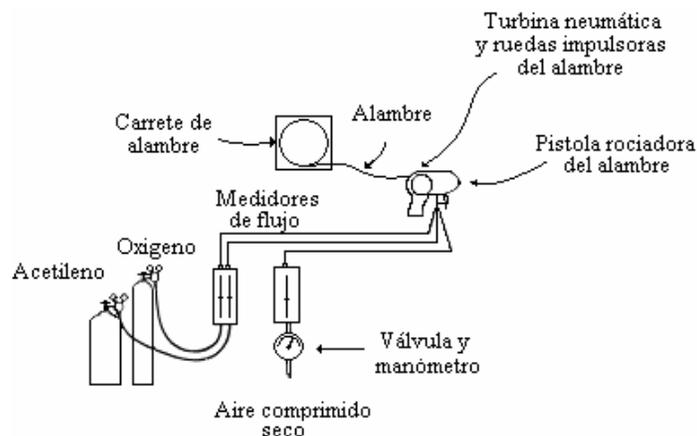


Figura 1.2.2.1. Equipo de proyección por alambre

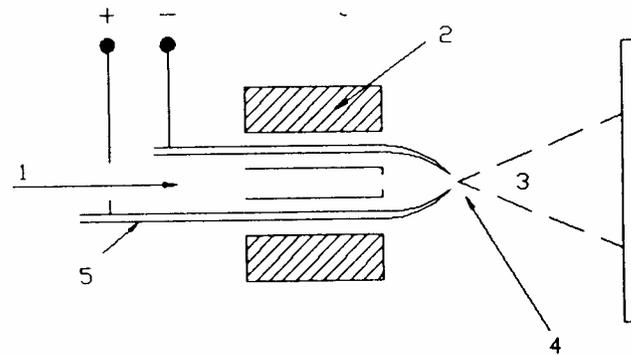


Figura 1.2.2.2. Esquema de rociado térmico por arco. 1. Gas atomizador; 2. Protección del soplete, corriente de las partículas fundidas; 4. Arco eléctrico; 5. Electrodo consumibles

1.3 MATERIALES PARA LA PROYECCIÓN

Los materiales usados para recubrimiento por rociado son principalmente los polvos, barras y alambres. Los últimos son metales o aleaciones que son usados solamente para los procesos de rociado por arco(AS) y rociado por flama (FS- alambre)

También existen otros materiales para recubrimiento mediante rociado térmico como son cintas y recubrimientos mediante selladores (epóxicos o resinas de silicona).

1.3.1. MÉTODOS PARA LA PRODUCCIÓN DE POLVOS

Los métodos de fabricación de polvos dependen principalmente del tipo de material que se va a utilizar como se menciona en los siguientes casos:

Los metales y aleaciones usualmente se preparan mediante alguno de los métodos de atomización y en otras ocasiones por sinterizado. Los óxidos y los cerámicos son manufacturados por fusión o sinterizado seguido por presión, pero también por métodos de calcinación.

La composición de polvos se puede hacer por medio de una técnica conocida como la técnica de revestido.

Probablemente el método de fabricación de polvos más versátil es el rociado en seco que contiene pequeñas partículas de cierto material, que se mantienen unidas en un aglomerado esférico con unión o enlace orgánico. Los polvos preparados de esta forma pueden mejorar su densificación mediante el sinterizado. Algunas veces, para modificar la composición del polvo, las partículas preparadas por alguno de los métodos anteriormente mencionados son mezcladas.

Algunos de los polvos más usados actualmente son:

- Los metales (molibdeno) y aleaciones (aleaciones autofundentes. Ni, 16 wt. % Cr, 3.5wt. % Si, 4.5wt. % Fe, 1 wt. % C).
- Óxidos cerámicos (Al₂O₃).
- Mezclas cerámicas - metálicas (grafito revestido de Ni o WC aglomerado con 12 wt. % Co).
- Carburos (Cr₂₃C₆).
- Otros polvos por ejemplo, aleaciones aluminio - silicio aglomerado con 47 wt. % poliamida.

Para los fines del trabajo que se está realizando sólo se mencionarán algunas tablas donde se muestran qué polvos son fabricados por dichos procesos:

TABLA 1.3.1-A. Polvos típicos producidos a partir del método de atomización

Polvo	Composición Química (wt. %)	Medio de Enfriamiento	Tamaño de grano(µm)	Nombre comercial
Metales	Al Ni	Gas Gas	-48+5	Amdry 3033 Valco 2120
Aleaciones	BAl. Ni 20 Cr BAl.Ni 15 Cr, 4.5 Si, 4Fe 3B	Agua Gas inerte		Amperit 250 CSM N60

Tabla 1.3.1-B. Producción de polvos típicos usando la fusión (sinterizado) y triturado

Polvos	Composición Química (wt.%)	Método de producción	Tamaño de grano (μm)	Nombre comercial
<i>Óxidos</i> Óxido de cromo	99.5	Fusión y triturado		Amperit 704
	BAI. Cr ₂ O ₃ , 5Si O ₂ , 3TiO ₂	Sinterizado y triturado	-120+45	Metco 136 CP
Óxido de aluminio con Óxido de titanio	BAI. Al ₂ O ₃ , 3 TiO ₂	Fusión y triturado	-45+22	Amdry 6204
<i>Cementados</i> Carburo de tungsteno con cobalto	BAI. WC, 12Co BAI. WC, 10Co	Fusión y triturado sinterizado y triturado	-74+45	Valco 5101 Al-1071
<i>Carburos</i> Carburos de cromo	Cr ₂ C ₃	Fusión y triturado	-106+30	Amdry 304

TABLA 1.3.1-C. Polvos comúnmente producidos usando el método de Aglomerado y densificación

Polvo	Densificado	Composición Química (wt%)	Tamaño de grano	Nombre comercial
<i>Metálico</i> Molibdeno	Sinterizado	Mo		Amperit 102
<i>Cerámicos</i> Cromo- Silice		BAI. Cr ₂ O ₃ , 5SiO ₂	-63+15	
Zircónia-ytria	Plasma RF	BAI. Zr O ₂ , 8 Y ₂ O ₃		Amdry 6610
<i>Cementados</i> Carburo de tungsteno con cobalto		BAI. WC 12Co		Valco 5104

Tabla 1.3.1-D. Polvos Típicos Revestidos

Polvo	Composición química (wt. %)	Tipo de recubrimiento	Tamaño de grano(μm)	Nombre comercial
Níquel aluminio	BAI. Ni, 4.5 Al	Poroso	-88+45	Metco 450
Al 12Si con poliamida	BAI.AISi, 47 poliamida,	Poroso		Amdry
Ni- grafito	6 Enlace BAI. Ni, 40 Grafito	Denso		Amperit 2000

1.3.2. MÉTODOS DE CARACTERIZACIÓN DE POLVOS

Los parámetros más importantes de los métodos de caracterización son: *tamaño de grano*, *composición química de fases*, *forma*, *porosidad interna (correlacionada con densidad aparente)* y *grado de fluidez*.

1.3.2.1. TAMAÑO DE GRANO

El tamaño de grano a seleccionar para el análisis se realiza por medio de los siguientes métodos:

- Análisis mecánico por tamizado
- Rayos X
- Dispositivo para dispersión de rayos láser

TABLA 1.3.2.1-A. Equivalencias entre tamaños de mallas, números de normas ASTM: B214-86 y DIN 32529

Número de malla (ASTM)	Tamaño de grano (tamaño de tamiz) (μm)	Número de designación DIN	Tamaño de grano (μm)
100	150	0	-22.4+5.6
120	125	1	-45+22.4
140	106	2	-90+45
200	74	3	-45+5.6
230	63	4	-63+16
325	44	5	-106+32
400	37	6	-125+45

1.3.2.2. ANÁLISIS QUÍMICO Y DE FASES

Los usuarios de polvos están interesados en especial en la siguiente información:

La composición química promedio de varias partículas, la distribución de elementos dentro de las partículas de polvo y fases cristalinas presentes en los polvos.

- COMPOSICIÓN QUÍMICA

La composición química de los polvos se puede determinar con el uso de variadas técnicas analíticas. La más común es la llamada emisión de plasma por espectroscopia (ICPES) o la técnica de espectroscopia por fluorescencia de R-X.

- DISTRIBUCIÓN DE ELEMENTOS

Las partículas aglomeradas o polvos recubiertos contienen diferentes fases (elementos) y pueden ser de importancia si están distribuidas de forma homogénea o no en la partícula (povos aglomerados) o si el recubrimiento cubre la superficie correctamente y en su totalidad. Para obtener esta información es necesario la obtención de un estudio metalográfico de la sección transversal de las partículas de polvo. La distribución en 2D de los elementos se puede obtener mediante la dispersión de rayos X (espectroscopia) (WDS). Estas técnicas de análisis son opcionales para muchos microscopios electrónicos de barrido (SEM).

- ANÁLISIS DE FASE

El análisis de las fases presentes se puede conocer mediante difracción de rayos X. Los equipos modernos están computarizados y equipados con un catálogo de fases cristalinas, lo que facilita la identificación.

1.3.2.3. MORFOLOGIA DE LOS GRANOS

La observación de la forma de los granos permite reconocer la técnica de fabricación. Para obtener información completa sobre la composición del polvo, es necesario observar los granos externos así como los internos. Lo anterior se puede hacer con especímenes preparados por encapsulado del polvo en resina y sucesivamente rectificado y pulido. Los especímenes son observados con un microscopio óptico.

Tabla 1.3.2.3-A. Correlación entre morfologías internas y externas de grano y método de producción de polvos

Morfología externa		Morfología interna	
Granos	Técnica	Granos	Técnica
Esferas con superficie densa	Atomización por gas Aglomerado y densificado, Sol-gel Rociado-secado	Esferas sin poros	Gas Atomizador Sol-gel
Esferas con superficie rugosa Periferia irregular	Atomización Agua	Esferas porosas Esferas huecas	Aglomerado Aglomerado ó aglomerado y densificación
Bloque angular	Fusión y triturado Sinterizado y triturado Triturado Calcinación	Bloque angular denso Bloque angular poroso Recubrimiento con revestimiento denso Recubrimiento con revestimiento poroso	Fusión y triturado Sinterizado y triturado Calcinación Revestimiento denso Revestimiento poroso

1.3.2.4. DENSIDAD APARENTE Y FACILIDAD DE FLUJO

Las mediciones de densidad aparente y fluidez están normalizadas por las normas ASTM B 329-76 y B 213-83, respectivamente. La medida de densidad consiste en un muestreo con pesos y volúmenes calibrados en un tazón (0.25 cm³) y la medición de fluidez consiste en medir el tiempo necesario en que fluye una muestra de 50 gr. de una porción de polvo a través de una boquilla calibrada en un tubo de 2.54 mm de diámetro.

1.4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

Las superficies sometidas a recubrimiento mediante el rociado térmico deben ser preparadas adecuadamente. A continuación se citan los métodos de preparación más comunes:

- Desengrasado (usando solventes orgánicos comunes, acetona o algunas veces vapor como desengrasante - especialmente para piezas grandes).
- Formado de la pieza (si es necesario), para ser posteriormente cubierta y luego rectificada hasta obtener la medida deseada.
- Mascarilla, previa a la preparación de superficies rugosas.
- Rugosidad, preparación de superficies que serán recubiertas.
- Mascarilla, previa al rociado térmico.

La mascarilla previa a la preparación de superficies rugosas se hace con el uso de diferentes tipos de mascarillas. Sólo el silicón o teflón se puede usar como mascarilla para superficies rugosas o para ciertos procesos de recubrimientos por rociado térmico. Es importante cuidar que la temperatura de la superficie a tratar se mantenga constante si el rociado térmico es lento.

La mascarilla previa a la rugosidad es comúnmente hecha con telas, caucho o plástico.

La mascarilla previa al rociado térmico se hace con metales o cintas de fibra de vidrio, que se cortan a las dimensiones deseadas. También existen líquidos compuestos disponibles en el mercado, que previenen la adhesión de partículas calientes durante el rociado térmico y se pueden disolver con agua después del proceso. Los barrenos y las ranuras en la pieza rociada térmicamente se pueden proteger con teflón o insertos metálicos.

Las técnicas de preparación de superficie más comunes incluyen lo siguiente:

- *La macro rugosidad*, que consiste en cortar hilos en V o cortar ranuras en espiral. Esta técnica podría ser aplicada si el granallado no es recomendable para obtener una buena adherencia del recubrimiento en superficies grandes. En este caso la macro rugosidad es seguida de continuo granallado de acabado áspero.
- *Preparación de superficie rugosa por agentes químicos*, que no es muy frecuente en laboratorios externos debido a la incompatibilidad de fabricación en otros talleres. Usa rociadores para recubrir las piezas. Lazlo² ha recomendado un agente compuesto de una parte por volumen del 20% de ácido sulfúrico y tres partes por volumen del 10% de ácido nítrico para cada superficie de cobre a preparar antes del

² Libro de la bibliografía número 1

rociado. Los tiempos de preparación de la superficie rugosa por acción química son de 10 horas. Los aceros inoxidable pueden prepararse usando un agente de dos partes por volumen de ácido nítrico al 40% y tres partes por volumen de ácido clorhídrico al 20%. El tiempo del proceso debe de ser de 10 min.

- *El Granallado*, es la técnica más común para preparar una superficie rugosa que consiste en: Proyectar un abrasivo para dar limpieza y rugosidad a la superficie antes del recubrimiento por medio de la técnica de rociado térmico (Ver figura 1.4.1).

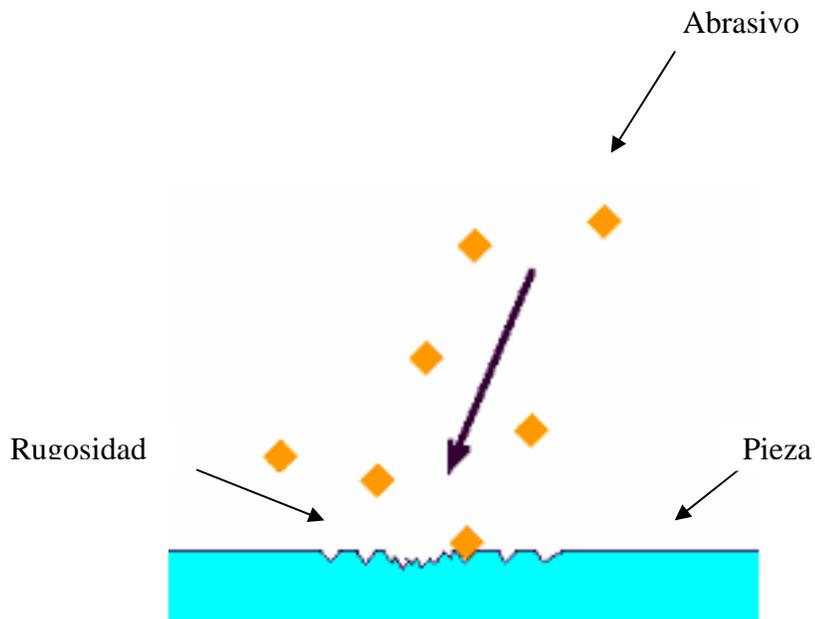


Figura 1.4.1. Proyección de un abrasivo hacia la pieza de trabajo

Los tipos de abrasivos más usados son:

- Granos de acero o hierro fundido
- Esferas metálicas
- Arenas cerámicas como sílice, alumina o carburo de silicio



Figura 1.4.2. Óxido de aluminio

El tamaño del abrasivo depende tanto del espesor de la pieza a granallar como también del tipo de rugosidad para el área a granallar. Cabe de mencionar que la arena sílica fina generalmente se usa para acabados finos y la alúmina para acabados burdos. Otro punto importante es la reducción del tamaño del abrasivo debido al proceso de granallado. El abrasivo debe de ser cambiado con frecuencia dependiendo de la presión, fuerza de impacto y de la dureza de las piezas a granallar. En la Tabla 1.4-A se muestran algunas propiedades de diferentes tipos de abrasivos para el granallado.

Tabla 1.4-A. Propiedades de algunos abrasivos

Abrasivo	Forma	Dureza (MOHS) (Rockwell Rc)	Densidad (Lbs/ft³)	Típica presión de trabajo (Psi)	Número de usos Recomendables	Tamaño (Malla)
Óxido de aluminio	angular	8-9 (40-66)	125	20-90	3-5	12-325
Arena de acero	angular	8-9 (40-66)	230	20-90	50-100	10-325
Garnet	angular	8	130	30-80	3-5	16-325

La preparación de las piezas rugosas debe hacerse con mucho cuidado. El granallado de acabado áspero puede crear esfuerzos en la superficie, en consecuencia la pieza sufre deformación después del tratamiento. Debido a lo anterior se recomienda en muchas ocasiones el uso de abrasivo fino y baja presión. El abrasivo es alimentado a la boquilla por gravedad o por succión (ver figura 1.4.3). El aire que proviene del compresor (3) se introduce en la cámara (2), donde se descomprime. Al pasar el aire por la cámara, genera una presión de vacío que succiona el abrasivo (5) del contenedor (4) y lo transporta a través

de la manguera (6) hasta la salida de la boquilla (1). Al salir por la boquilla ésta se impacta al substrato o pieza.

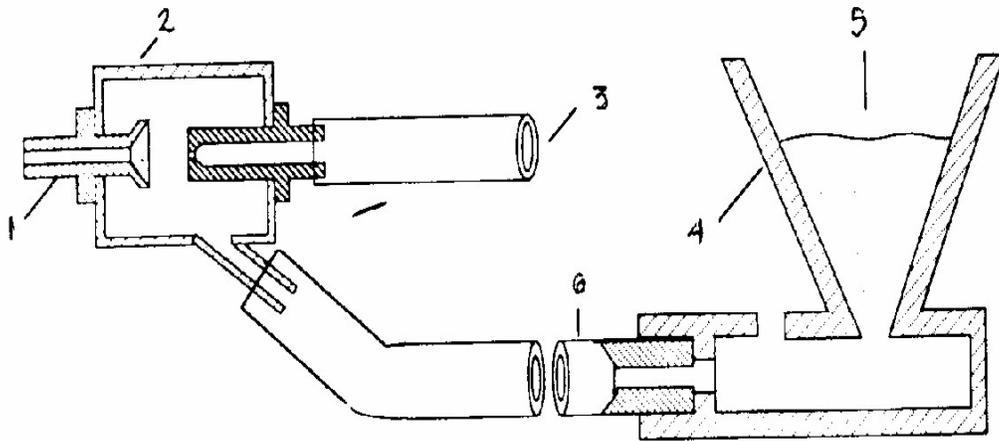


Figura 1.4.3. El sistema de succión de granalla; 1. Boquilla; 2. Cámara de descompresión; 3. Entrada de aire comprimido; 4. Contenedor de abrasivo; 5. Abrasivo; 6. Manguera

Existen en la industria diferentes equipos de granallado, pero los más utilizados son los portátiles, las cabinas y los tipo cuartos como se observa en las siguientes figuras.



Figura 1.4.4. Granallador Portátil

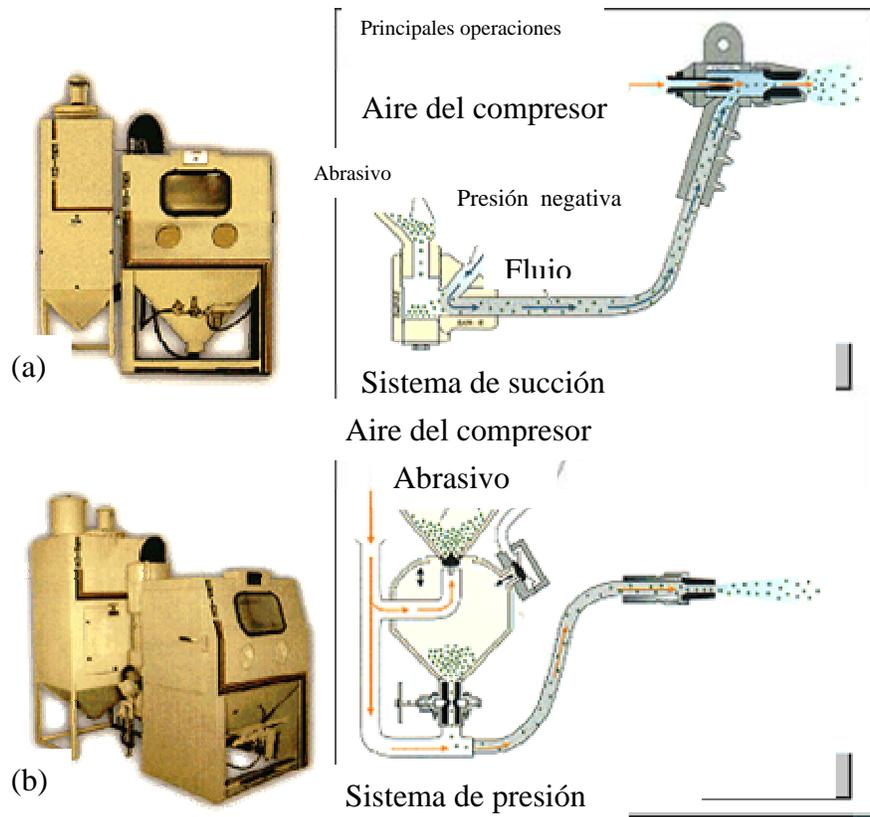


Figura 1.4.5. Principales operaciones del sistema de granallado por succión y presión (tipo cabina)

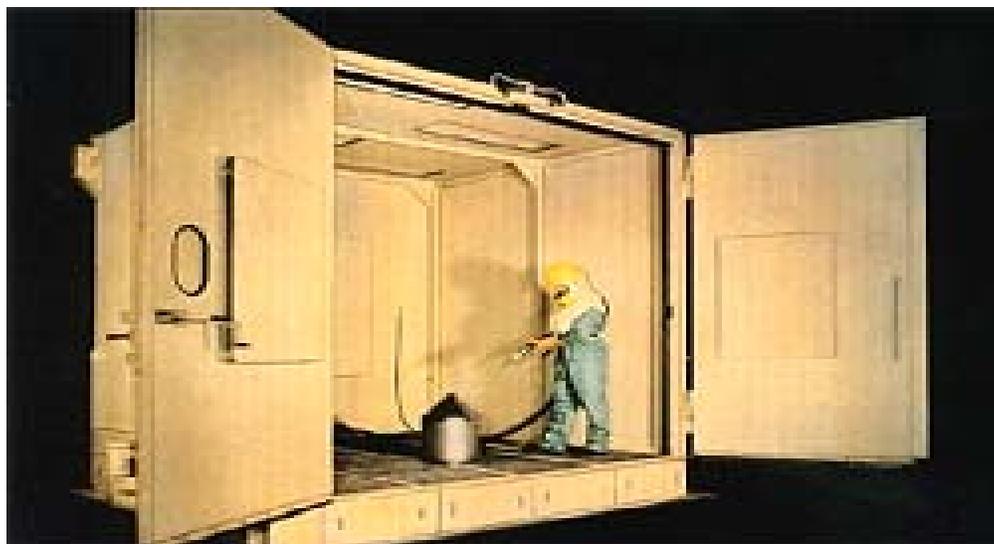


Figura 1.4.6. Granallador tipo cuarto



Figura 1.4.7. Granallador con sistema de succión que se utilizará en este trabajo

Es recomendable que el granallado se haga en un área abierta ya que la acumulación de polvo en un espacio cerrado es dañino para la salud. Sin embargo, para piezas grandes (como coronas o rollos de anilox), se usan boquillas dobles. Estas boquillas tienen dos salidas donde la primer boquilla expulsa el abrasivo y la segunda sirve como recuperador (ver figura 1.4.8).

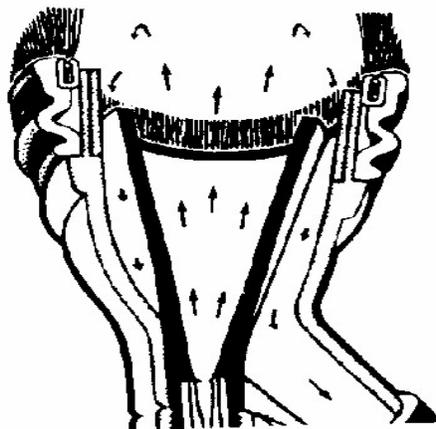
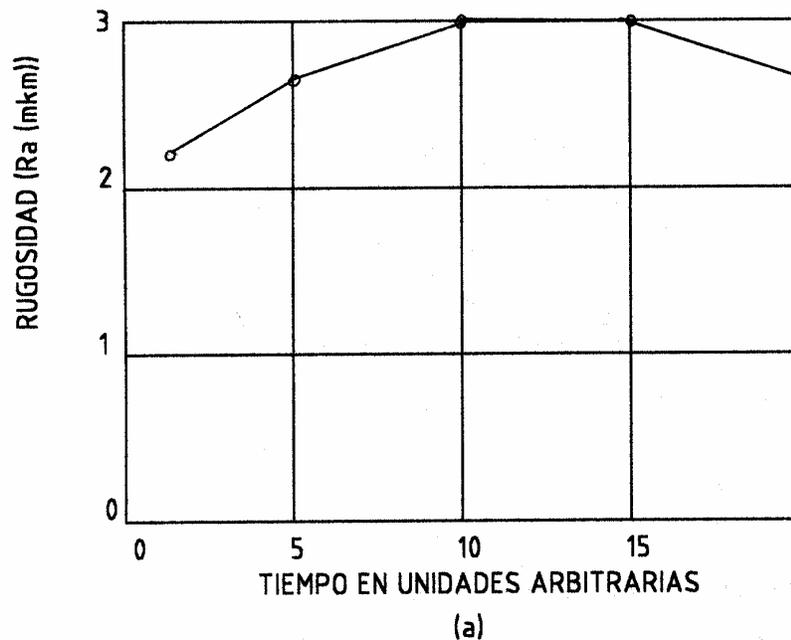


Figura 1.4.8. Esquema de una boquilla con recuperación de abrasivo en el granallado abierto

Actualmente, los sistemas de granallado están automatizados para producción en serie. Los parámetros que intervienen en el granallado son entre otros: tiempo, presión y ángulo de granallado depositado en la superficie rugosa del substrato. Algunos resultados obtenidos recientemente (Granallado de Inconel 718 con sistema de vacío y abrasivo de alúmina) se exponen en la figura 1.4.9. El parámetro de la rugosidad de la superficie (Ra) máxima se obtuvo después de un corto tiempo de granallado. El granallado prolongado no genera necesariamente superficies más rugosas (figura 1.4.9 a). De forma similar, el granallado sólo permite ángulos menores a 90° para obtener una superficie rugosa en un corto tiempo. Finalmente, el Ra crece linealmente con el incremento de presión de granallado (figura 1.4.9 b).

Los resultados de no adherencia son algunas veces contradictorios. Lazlo reportó que la adherencia de aluminio rociado térmicamente en acero dulce alcanza un máximo de 25 MPa si se usa abrasivo de alúmina aplicado con un ángulo menor de 25°. Pero una comparación directa de estos resultados no es posible debido a que los autores utilizaron diferentes parámetros en la investigación del ángulo de granallado (Wigren - Rugosidad, Apps - adherencia), debido a que el abrasivo de alúmina puede tener diferente morfología y las condiciones de aplicación no siempre son las mismas. La distancia entre la boquilla y la pieza de trabajo no influye en la rugosidad de la superficie hasta un valor dado. La distancia de inicio (250 mm - Wigren) permite que la rugosidad disminuya. Finalmente, es importante mantener la rugosidad y proceso de granallado dentro de un intervalo de tiempo corto (no más de unas cuantas horas). Si el tiempo es muy largo, se presentará oxidación que puede afectar la adherencia y calidad del recubrimiento.



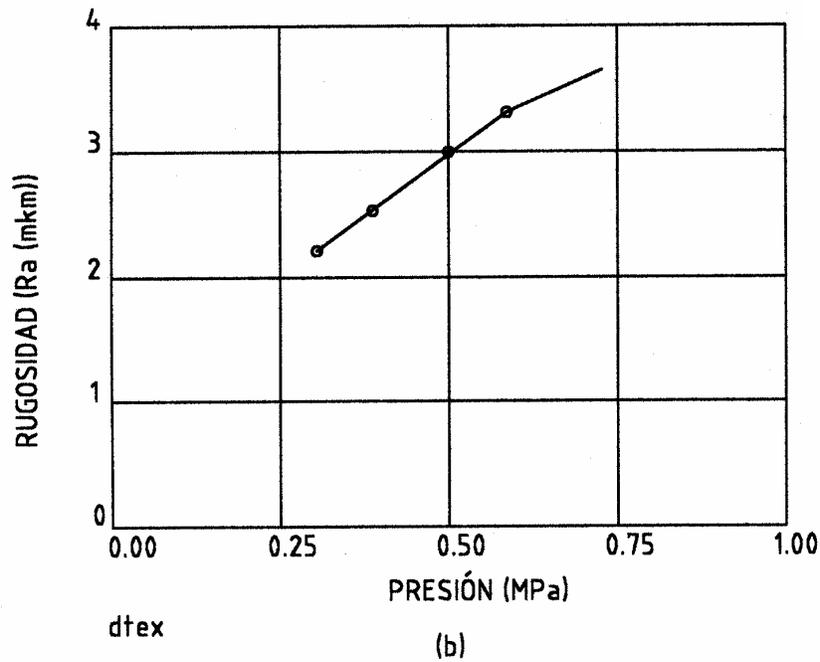


Figura 1.4.9. La rugosidad Ra del inconel 718 sustrato alúmina usando un alimentador de 2000 $\frac{g}{min}$ con unidades arbitrarias (a) y granallado a presión (b)

1.5. APLICACIONES EN LA INDUSTRIA

En la solución particular de un problema se puede tener el siguiente modelo:

- Identificación del problema (desgaste, abrasión, etc.).
- Especificación de las propiedades del recubrimiento.
- Proponer soluciones, polvos para el rociado térmico, técnica de rociado térmico y tratamiento previo al rociado térmico.
- Evaluación de los resultados de la técnica de rociado térmico y si los datos son utilizados desde un punto de vista económico.

EJEMPLOS DE APLICACIONES DE LOS RECUBRIMIENTOS POR ROCIADO TÉRMICO EN DIVERSAS INDUSTRIAS

A continuación se enuncian algunas de las aplicaciones en las diferentes industrias en donde se puede encontrar la proyección térmica.

❖ MEDICINA

La principal aplicación del rociado térmico en la medicina son las prótesis (ortopedia y dental). Las prótesis son construidas de materiales bio-inertes tales como acero inoxidable, aleaciones de CoCrMo o TiAlV.

Los recubrimientos usados para estos propósitos deben de cumplir los siguientes requerimientos.

- Porosidad (20-40%)
- Biocompatibilidad y estabilidad en el cuerpo
- Buena adhesión para la prótesis
- El recubrimiento no tiene que ser rechazado después del crecimiento del hueso



Figura 1.5.1. Aplicación en la medicina

❖ CONSTRUCCIÓN DE MÁQUINAS INDUSTRIALES

El potencial del rociado térmico en la construcción de máquinas industriales (textil, agroalimentaria, construcción de bombas, etc.) fue reconocido desde hace tiempo y muchas de las partes substituidas son ahora reconstruidas.

- Bombas agroalimentarias. En la aplicación de transportación de líquidos (producción de yogurt, chocolate, etc.) en las máquinas agroalimentarias ocurre deslizamiento y rotación de los pistones fácilmente y hay desgaste abrasivo (debido a las partículas en el líquido).
- La superficie de los pistones. Generalmente es protegida con un recubrimiento cerámico.
- Bombas de vacío. Las bombas de vacío tienen pistones y éstos son sometidos al deslizamiento por la superficie. Son protegidos por recubrimientos cerámicos.

❖ MINERÍA INDUSTRIAL

Apuntaladores hidráulicos.

Los apuntaladores hidráulicos son usados en la minería del carbón y están sometidos a la acción agresiva del agua. El recubrimiento depositado sobre la parte interna de los apuntaladores tiene las siguientes características.

- Resistencia a la corrosión.
- Resistencia al desgaste.

Para conocer estos requerimientos, el diseño de la composición es 60 vol% (aleaciones autofundentes) NiCrSi, 25% vol% bronce CuSn y 5 vol% Mo S2. El recubrimiento se deposita sobre la parte interna (diámetro de 250mm). El rociado térmico alarga la vida de los apuntaladores por mucho tiempo.

❖ AERONÁUTICA E INDUSTRIA ESPACIAL

Hoy las aplicaciones en los turbo reactores representan gran parte del mercado de rociado térmico (20-40%) del total. El rociado térmico es aplicado en partes de los turbo reactores tales como ventiladores del compresor, alabes de las turbinas, etc.

❖ SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA

Se utiliza éste sistema para la protección de concreto propenso a la corrosión especialmente en puentes. Esto se evita aplicando una capa de zinc por medio de rociado térmico, la cual actuará como un sistema ánodo de sacrificio colocado sobre la superficie del concreto de los puentes, así como a las varillas propensas a la corrosión en donde actuará como un elemento activo frente al acero de la varilla, es decir, se oxida y cede electrones a ésta evitando que se corroa Se colocan cables conductores para la unión entre ambos metales. El electrolito es el concreto debido a los iones en él contenidos.

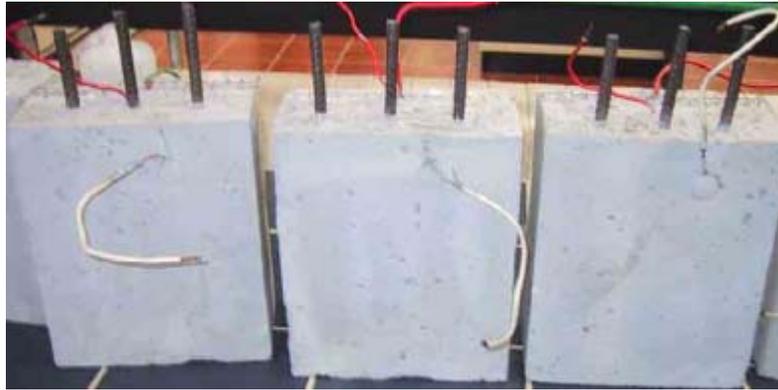


Figura 1.5.2. Ejemplo de probetas con zinc termo rociado

CAPITULO II

DISEÑO DEL EQUIPO DE PROYECCIÓN TÉRMICA AUTOMATIZADO

2.1 INTRODUCCIÓN

Es necesario comprender el concepto de diseño y la idea que se requiere plasmar, ya que de ahí se debe partir para comenzar la creación y la automatización de un proceso. Para ello se deben de conocer las bases para la utilización de técnicas y tecnologías ya existentes en el mercado actual.

Cuando se piensa en lanzar un producto nuevo al mercado, es necesaria la intervención de varias disciplinas, ya que no solo la ingeniería es la única en tener todos los créditos debido a que son varios los factores que intervienen.

Se deben de tratar todos los problemas que conllevan al diseño dentro de la ingeniería, ya que se pueden encontrar ciertas complicaciones al tratar de aplicar distintos conceptos.

Para la realización de un buen proyecto se necesitan tener buenos conceptos del diseño, así como también mantenerse dentro de una disciplina y un orden dentro del desarrollo de éste. Todas las personas que están involucradas dentro del proyecto deben tener un amplio criterio para así poder tomar las mejores decisiones.

El diseño debe ser instruido y aplicado progresivamente en una amplia gama de recursos de información, así como de técnicas para incrementar la destreza dentro de éste, aplicando con ello la habilidad de la ingeniería.

El diseño es la actividad sistemática necesaria para la identificación de problemas humanos dentro de un mercado bastante amplio, así como la venta del producto terminado dentro de un mercado de grandes exigencias.

Los cimientos del diseño consisten en la ubicación de las necesidades del usuario, las especificaciones del diseño del producto, diseño conceptual, diseño de detalle, diseño de manufactura y la salida del mercado. “Todo diseño comienza en una necesidad”, la cual, cuando ésta complazca al usuario, entrará en un mercado exclusivo de competición.

Del concepto de la necesidad, una Especificación del Diseño del Producto (PDS) debe ser elaborada, la cual interactuará para el mejoramiento de los diseños subsecuentes dentro de las bases del diseño.

La PDS es un margen de restricción en la actividad del diseño total, ya que coloca las limitantes para los diseños subsecuentes.

Un análisis de cualquier producto existente revelará el flujo obtenido desde el proyecto hasta la venta de éste en el mercado. Esta actividad será referida como la base del diseño.

En todas las etapas dentro del proceso, las bases del diseño son operadas interactivamente y éstas aparecen paulatinamente. Entonces, las bases del diseño podrán aparecer en cualquier punto del proceso y que ciertos puntos de éste interactúen será inevitable, pero esto se puede minimizar si se llevan las bases del diseño con rigurosa exactitud.

Las interacciones ocurren debido a que cambian las circunstancias (esto es, que cambien las características de los productos), causando que la PDS evolucione en conjunto con las bases del diseño.

Para colocar el diseño a ser utilizado efectiva y eficientemente, es necesaria la utilización de técnicas del diseñador o equipo de diseño en el desarrollo del diseño. Estos utilizarán un kit de herramientas necesarias para concretar el producto, las cuales pueden ser técnicas de análisis, síntesis, toma de decisiones, modelaje, etc., que se pueden aplicar a cualquier diseño.

Los dos tipos de herramientas a utilizar son la disciplina, o la tecnología dependiente o independiente. Es necesario considerar y entender “él todo” como un concepto de diseño total, concernido en la creación de productos colocando esto en un marco de planeación y organización como se muestra en la figura 2.2.1 (en donde el autor Stuart Pough³ describe los pasos que sigue un producto antes de salir al mercado). Se comenzará a buscar una idea de los productos que deberán ser utilizados y de cómo se colocarán en la estructura del proyecto.

2.2. IDENTIFICACIÓN DE LA NECESIDAD

Debido a los distintos problemas que se presentan en la utilización del proceso de proyección térmica, es necesario encontrar una solución eficaz ayudando con esto a un ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo, es decir, la reducción de merma de material, mayor producción, la eliminación casi total del factor hombre, lo que conlleva a la notoria disminución de los índices de accidentes dentro del área de trabajo, así como una amplia gama de calidad dentro del proceso que no se puede obtener de la mano del hombre, ya que este se ve afectado por distintos factores como lo pueden ser la fatiga, la inestabilidad en la aplicación del proceso, entre otros.

Dentro del proceso de Proyección, uno de los problemas que se presentan además de los ya mencionados, nos encontramos con la mesa de trabajo, ya que ésta muestra la problemática de soportar cuerpos a revolución y cuerpos con múltiples superficies.

También se pueden mencionar que algunos parámetros se ven afectados a la hora de la proyección debido a la inestabilidad de sujeción en la mano del ser humano; estos parámetros son: espesor constante, la no porosidad y la única forma en la que se pueden conseguir en su máxima expresión es realizando la *automatización del proceso*.

³ Libro de la bibliografía número 4

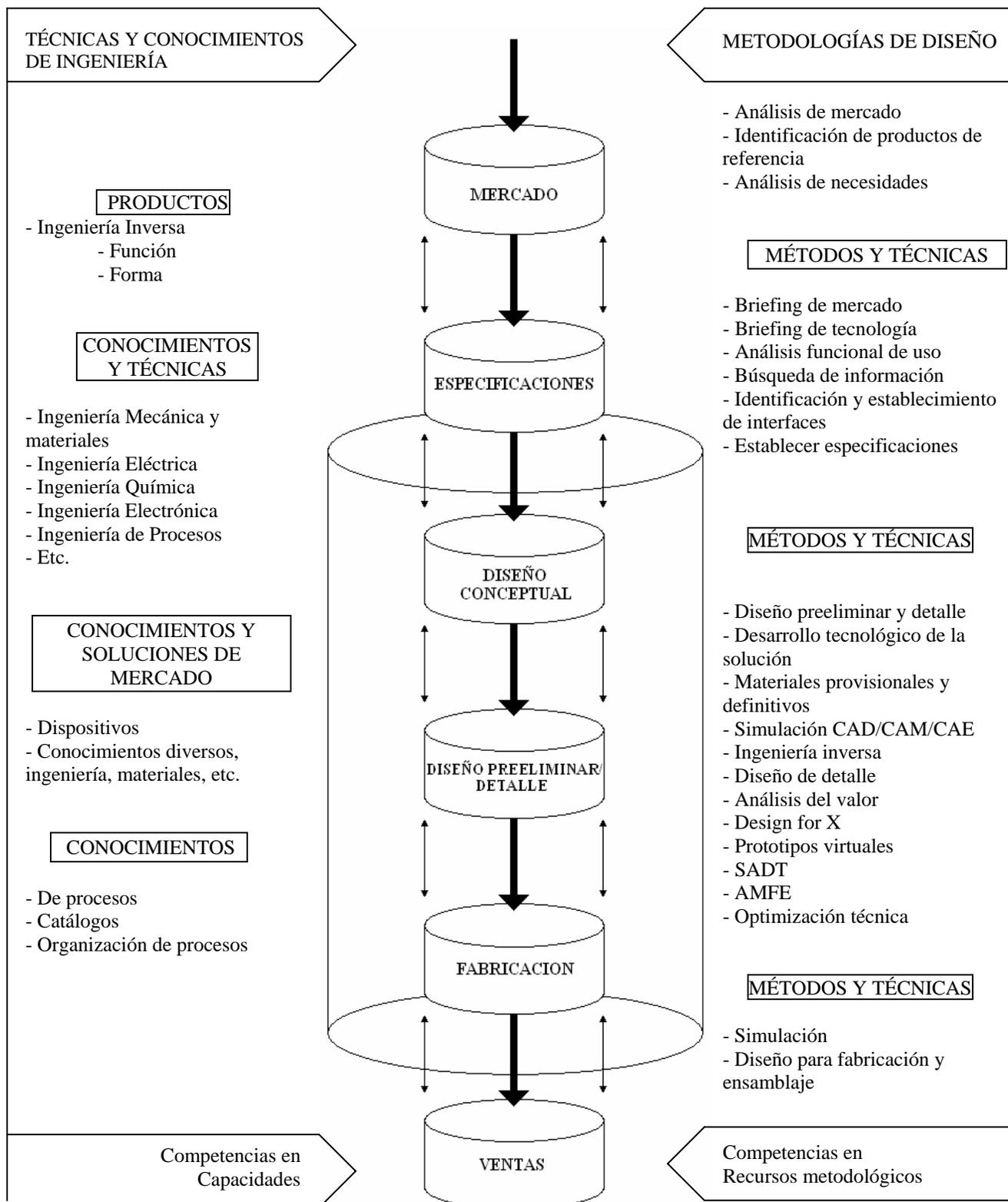


Fig. 2.2.1. Modelo de PUGH de diseños y desarrollo de un producto.

En este trabajo se realizará el montaje de una pistola rociadora por flama en un brazo mecánico (MOTOMAN), en el cual surge el inconveniente de que al fabricar la base de dicho elemento tenemos que analizar el diseño y los pesos requeridos utilizando materiales ligeros para tal proceso, tomando en cuenta que esto último se torna como una gran limitante, ya que el brazo mecánico en su estructura de soporte nos muestra la desventaja de inestabilidad al exceder el peso para el cual fue diseñado. Con esto tenemos que idear un proyecto en el cual se facilite el accionamiento de manera automática del equipo para la proyección sin que se presente algún problema.

Surge también la necesidad de la activación del proceso de encendido de la pistola rociadora debido a que está diseñada para trabajar en forma manual. Como primer paso se debe de dar apertura a la válvula de paso de gases en forma gradual, hasta que exista una adecuada presión para lograr proyectar el material de aporte y a su vez, se debe producir la combustión por medio de una chispa. Después de ello, se debe activar el gatillo para que el polvo utilizado para el rociado comience a salir del contenedor colocado en la parte superior de la pistola rociadora. Por ultimo se debe cerrar el paso de gases. Una vez conocidas las necesidades para la automatización del proceso, se procederá al diseño de los elementos que compondrán tanto al soporte de la pistola rociadora como al conjunto de elementos para el accionamiento que automatizarán el proceso.

2.3. DISEÑO CONCEPTUAL

La idea conceptual de la base del diseño es primordialmente la generación de soluciones para conocer las necesidades primarias, es decir, las PDS (Especificación de Diseño del Producto). Cualquier valor de diseño tiene su origen en la PDS. El diseño conceptual se puede definir entonces como la totalidad del elemento proyectado, la cual es la suma de todos los subsistemas o los componentes que van a crear ese sistema. Esta fase conceptual se divide en dos componentes cíclicos:

- 1) La generación de soluciones para conocer la necesidad primordial.
- 2) La evaluación de estas soluciones para seleccionar la más aplicable para enfrentarse a la PDS.

2.3.1. GENERACIÓN DE SOLUCIONES

Se deben generar soluciones para conocer a la PDS, ya que es necesario conocer la necesidad primaria del usuario, colocando con ello ideas que satisfagan a éste. Al tener una buena idea, ésta se necesitará verificar ya que tal vez la PDS no sea aplicable en todas las áreas. Siendo el caso, es necesario regresar a cambiar algunos conceptos y después verificar la PDS, ya que puede llegar a cambiar también. Se necesitará una gran cantidad de ideas, ya que al tener una mínima experiencia dentro del área a tratar, surgirán problemas que será necesario resolver. Se deberá trabajar bajo las leyes de la Física y será necesario utilizar lo que ya se tiene establecido para con ello idear nuevas soluciones.

2.3.2. AMBIENTE DE TRABAJO

Para una buena percepción de la necesidad y las soluciones requeridas, es necesario trabajar dentro de un ambiente adecuado; un cuarto equipado con un diseño confortable, iluminación adecuada, buena ventilación, espacio en paredes para colocación de herramientas, capacidad para cierto número de personas, con acceso a información, etc.

2.3.3. GENERACIÓN DE IDEAS

Es recomendable trabajar individualmente, ya que está demostrado que haciéndolo así las ideas son más creativas que estando en grupo, no así en la industria ya que en ésta existen mejores resultados realizándolo con un grupo bien organizado. Ya teniendo las ideas para conocer las PDS's, lo siguiente es colocarlas. Se debe ser capaz de expresar las ideas en forma gráfica, por medio de diagramas o modelos generalmente en tercera dimensión. No solo basta con mostrarlos, también es necesario que el diseño sea claro de entender, no solo para el diseñador sino también para las personas que se encuentran observándolo.

2.3.4. EVALUACIÓN DE SOLUCIONES

Se debe de llegar a un acuerdo con los participantes en cuanto a cuál de los criterios es el adecuado, esto por medio de las PDS's. Conociéndose estos será necesario que los participantes se mentalicen sobre el cuál de éstos deberá ser colocado dentro de una matriz. Se deben comparar los distintos diseños dados proporcionando ventajas y desventajas entre ellos. Será necesario distinguir entre lo cuantificable y lo no cuantificable. Los componentes primarios de la fase conceptual para la base del diseño son:

- Generación del concepto y expresión individual, basado en las PDS's.
- Generación de un criterio en grupo.
- Evaluación de conceptos como un grupo de actividades.

En la práctica “la mala elección del concepto en una situación de diseño dada, puede raramente ser recuperada por un diseño de detalle brillante”. Para lograr maximizar el nivel de calidad en la fase se requiere:

1. Generación de ideas individuales con las PDS's en mente; no hacerlo al azar, realizar un proceso propio.
2. El significado de manifestar esas ideas; dibujos, documentos, modelos o cualquier medio que clarifique los conceptos para el grupo.
3. Generación de ideas y racionalización de conceptos en grupo.
4. Una requisición absoluta en la selección de conceptos, aceptación o juicio de ellos hasta que el grupo haya quedado sin ideas y la situación sea exhaustiva.
5. Generación de un criterio de evaluación de los elementos de las PDS's como una actividad de grupo.

6. Una aceptación completa y absoluta en quitar una decisión hecha; la experiencia del pasado es sólo para probar lo correcto con lo incorrecto en un mundo competitivo.
7. Una metodología de selección que no sea una creatividad restringida durante el proceso de selección de conceptos y con ello simulando la creación de estos que aún no han sido sustraídos.

Las matrices son tal vez la mejor forma de estructurar o representar un proceso de evaluación, por medio del cual se dará un control a este. Se evaluarán las soluciones alternativas para ver cuál puede satisfacer mejor al criterio. Ésta matriz no es matemática, es decir, es solo par expresar ideas.

2.3.5. MÉTODO DE CONVERGENCIA CONTROLADA

El propósito de cualquier método de evaluación es poder mostrar los principios de diseño a surgir en un contexto y articularlos. El método de convergencia controlada ha sido ideada bajo esto, el cual utiliza una parte de la matriz para expresar el criterio por selección en el eje vertical. El eje horizontal es utilizado para expresar conceptos. La matriz expresada en éste método tiene como ventaja mostrar una convergencia (analítica) y divergencia (sintetizada) alternativas. El método fuerza a eliminar las características negativas de algunos conceptos en relación con el concepto de enfoque. Debido a que es reiterativo, la matriz puede expandirse y contraerse hasta que los mejores resultados afloren.

2.3.6. PROCEDIMIENTOS PARA MINIMIZAR LA VULNERABILIDAD DEL CONCEPTO

❖ FASE I

- 1) Es esencial que todas las ideas y soluciones sean generadas contra el plano de las PDS's, esto es, éstas son soluciones proyectadas a un mismo problema teniendo los mismos requerimientos y confusiones.
- 2) Teniendo establecido un número de posibles soluciones al problema, representar esas soluciones en bosquejo para el mismo nivel de detalle en cada caso.
- 3) Establecer una comparación y evaluación de la matriz, en donde se comparan las ideas generadas una contra otra, contra el criterio de evaluación.
- 4) Es esencial que la matriz contenga los bosquejos de los conceptos manejados en ella. En el caso de proyectos electrónicos, circuitos o diagramas de bloque pueden servir. Para una mejor claridad se debe colocar una descripción escrita.
- 5) Asegurar que la comparación de los diferentes conceptos sea válida, es decir, todos ellos en las mismas bases y niveles de generación.
- 6) Elegir los criterios contra aquellos conceptos que serán evaluados. Estos deberán estar basados en los requerimientos del detalle de las PDS's, esto es, establecidos antes de que la generación de una solución comience. Es esencial que el criterio elegido sea ambiguo, extendido y aceptado por todos los participantes en la evaluación y tomado en cuenta para futuras referencias.

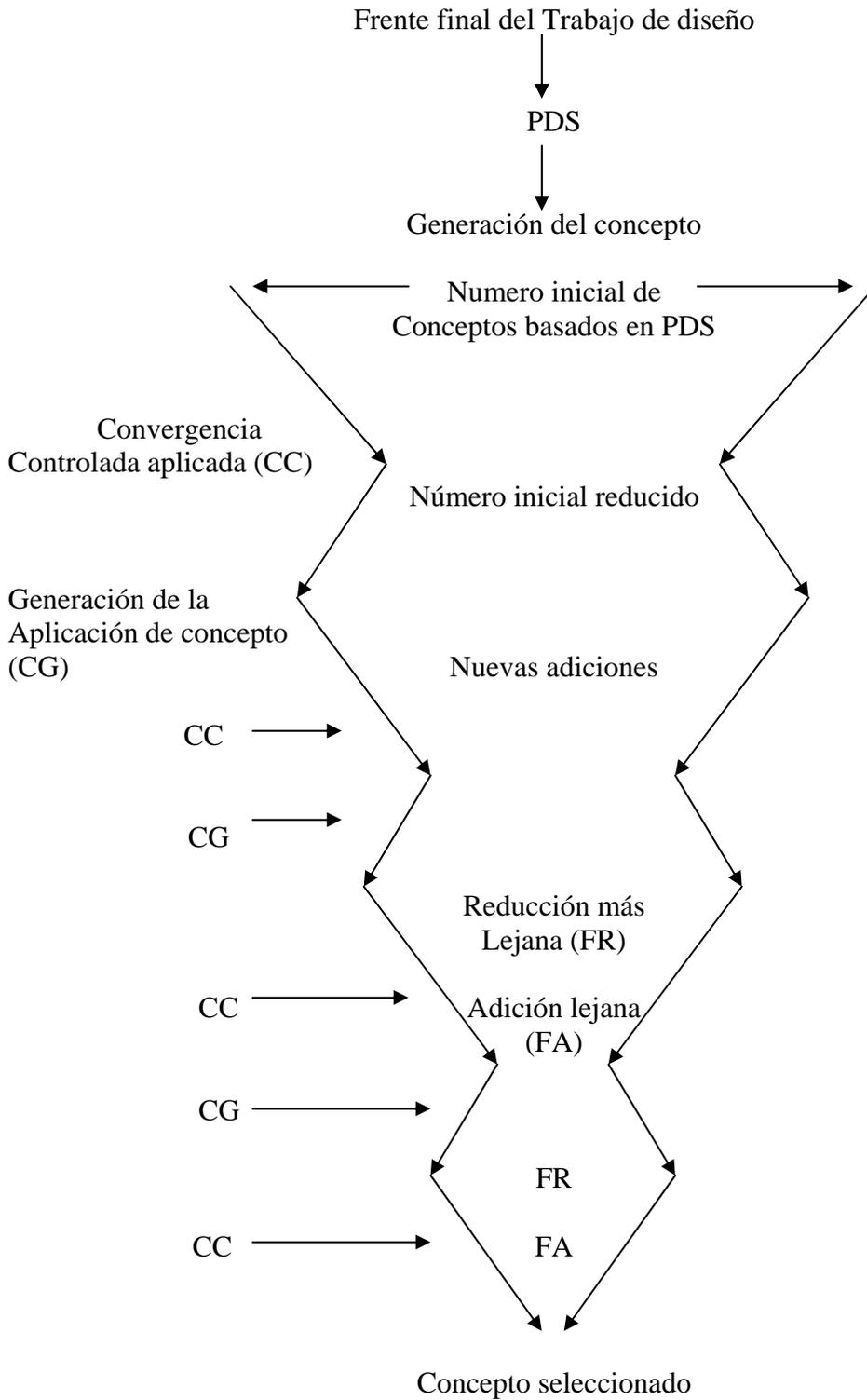


Figura 2.3.6.1. Acercamiento flexible a la generación y selección del concepto

- 7) Elegir un dato contra aquellos otros conceptos que serán comparados. Si un diseño ya existe para el área del producto tomado en consideración, esto debe ser incluido en la matriz y usado como un dato primario. Donde los diseños competitivos aún no existen y todos los conceptos han sido generados internamente, el primer dato elegido debe ser el que el grupo intuya que es el mejor.
- 8) Al considerar cada concepto / criterio contra el dato elegido, se utilizará la siguiente leyenda: + (mas): Significa mejor que, menor que, menos propenso a, más fácil que, relativo al dato. - (menos): Significa peor que, más caro que, más difícil de desarrollar que, más complejo que, más propenso a, más difícil que, etc. Cuando exista una duda de que si un concepto es mejor o peor que el dato, entonces se utilizará: s (mismo): Significa el mismo que el dato.
- 9) Teniendo elegido un dato, realizar una comparación inicial de otros conceptos usando la nomenclatura ya mencionada. Esto establece una muestra de puntaje en términos de número de +’s , -’s y s’ s logrado, relativo al dato. Los puntos deben de ser tratados como absolutos, ya que solo son una guía y no deben de sumarse algebraicamente.
- 10) Evaluar los puntos de concepto individualmente. Los conceptos acertados exhibirán excepcional solidez, mientras que los otros mostrarán conversión, esto es, debilidad.
- 11) Observa los negativos de los conceptos fuertes; ¿Qué se le necesita hacer al diseño para mejorarlo y revertir lo negativo?. ¿Es posible del todo?, si es posible, al lograr el mejoramiento y revertirlo ¿se revertirá alguno o más de los positivos?. Si es posible introducir un concepto modificado dentro de la matriz, se debe de hacer y al realizarlo no solo modificará el primero que se tiene; se puede dejar ahí, y cuando se desee regresarlo.
- 12) Observar los conceptos débiles y atacar sus negativos para ver si ellos pueden ser mejorados. Si ellos pueden ser mejorados y otros positivos no se revierten al hacerlo, entonces se debe introducir el concepto revertido en la matriz, permitiendo ampliarla.
- 13) Llevando a cabo los pasos 11 y 12, los conceptos reales más débiles deben ser eliminados de la matriz. Esto provocará una reducción en la matriz.
- 14) Si un número de conceptos fuertes no emerge como resultado de los pasos 11 al 13, es decir, todo parece no tener uniformidad, entonces es un indicativo de uno de los dos puntos siguientes o mezcla de ambos.
 - a) *El criterio es ambiguo*, capaz de una variedad de interpretaciones de los miembros del grupo.
 - b) *Persistencia de uniformidad de intensidad entre conceptos*, generalmente indica que uno o más conceptos son sobre colocados en otros y la matriz no puede ayudar a realizar distinciones.
- 15) Cuando un concepto en particular persiste, se debe analizar la matriz usando el concepto más fuerte del primer análisis como dato. ¿La muestra persiste? Si es verdad, esto confirmará el primer análisis. De lo contrario, se deben repetir los pasos 11 y 12 hasta que los conceptos fuertes persistan.

Es necesario hacer una crítica constructiva con todas las personas involucradas en el proyecto dando sus puntos de vista y con ello comprender los conceptos y no combinarlos, por medio de la cual se debe adquirir:

- Una gran perspicacia dentro de los requerimientos de especificación.
- Un gran entendimiento de los problemas de diseño.
- Un gran entendimiento de soluciones potenciales.
- Un entendimiento de interacción entre las soluciones propuestas y con ello dar pauta a soluciones adicionales.
- Un conocimiento de las razones de porqué un concepto es más fuerte o débil que otro.
- Un estímulo natural para producir otros conceptos.

❖ FASE II

Se llegará a esta fase si ya se tienen los conceptos necesarios para el desarrollo de la propuesta y con ello llegar a un nivel más grande y con un mayor detalle técnico. Se debe hacer una reevaluación de la matriz debido a que nuevos conceptos han salido a flote. Con ello se logrará confirmar la muestra establecida previamente o dará la pauta para reordenar los conceptos. Las razones que emergerán serán cuestionadas profundamente desde distintos puntos de vista.

Fases subsecuentes.

Tal vez será necesaria una depuración del procedimiento que se repetirá varias veces para confirmar lo logrado, esto dependiendo de la complejidad del proyecto y con ello llegar a un diseño final, el cual se manufacturará. Estas evaluaciones tal vez afecten matrices.

Una vez encontrado el problema del proceso, es necesario presentar las posibles soluciones y representarlas por bosquejos para su fácil entendimiento, así como también explicar las ventajas y desventajas entre ellas para llegar a una apropiada selección del diseño final y así llevara al proceso de manufactura.

Debido al diseño de la pistola rociadora que a continuación se presenta (figura 2.3.6.2), a continuación se mencionan dos de las posible soluciones para el montaje de ésta en la articulación de trabajo del brazo mecánico (MOTOMAN). Ver figura 2.3.6.3 y 2.3.6.4

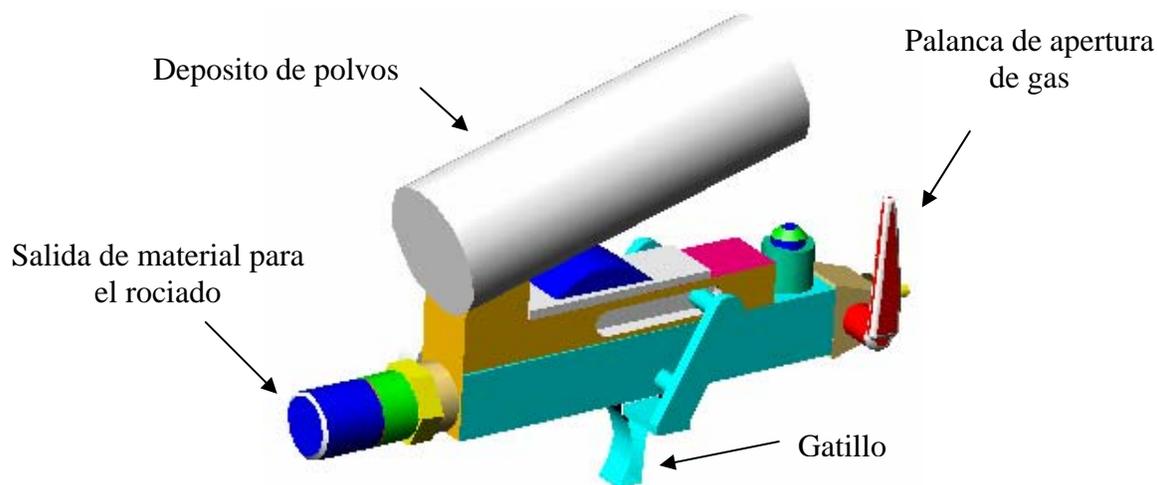


Figura 2.3.6.2. Pistola rociadora modelo 5P2 de marca SULZER METCO

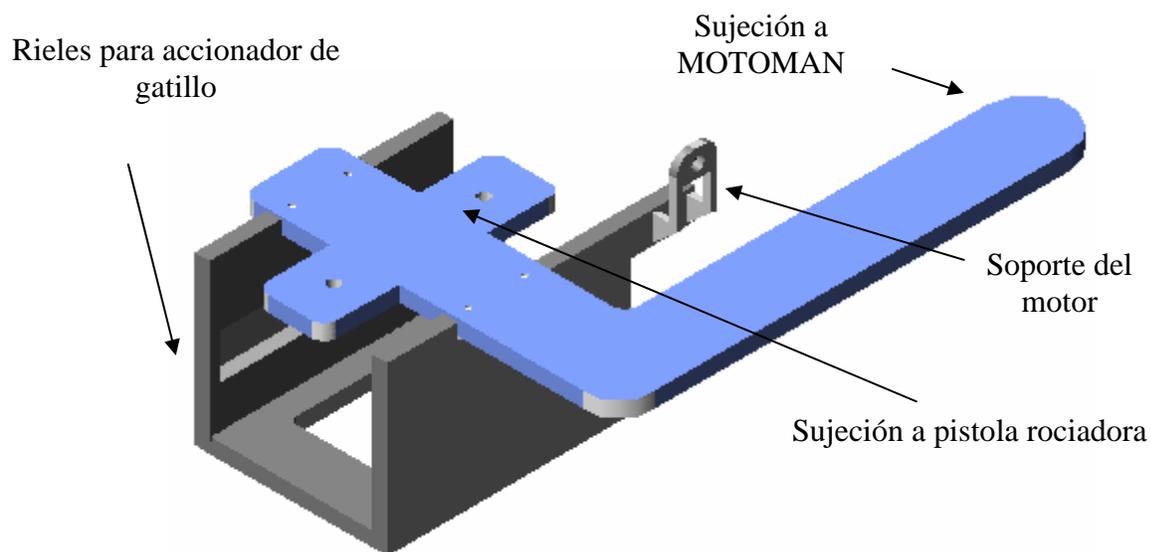


Figura 2.3.6.3. Sistema de acoplamiento de la pistola rociadora al brazo mecánico (las dos piezas en conjunto forman el aditamento)

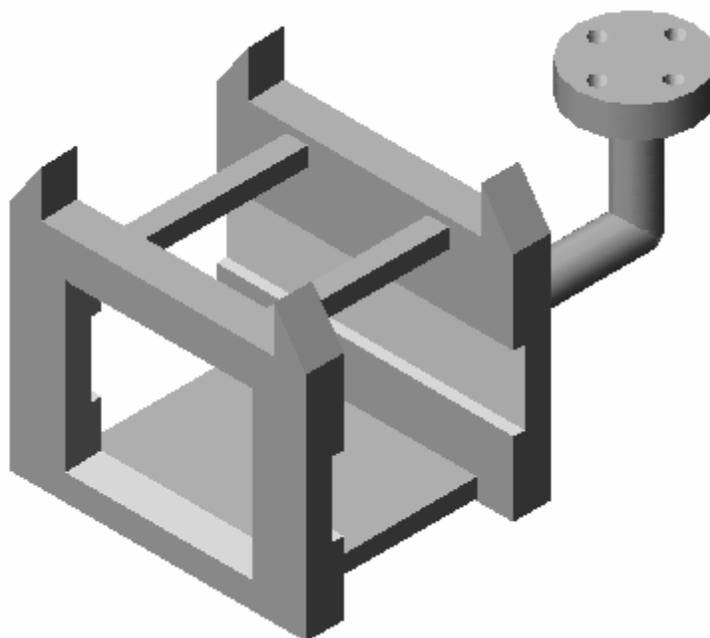


Figura 2.3.6.4. Pieza para el montaje de las pistola rociadora a la articulación de trabajo del brazo mecánico

A continuación se presenta una tabla la cual compara las ventajas y las desventajas que tenemos al fabricar uno u otro de los armazones.

	Ventajas	Desventajas
Figura 2.3.6.3	<ul style="list-style-type: none"> • La utilización de menos material para la fabricación. • Se retira el conjunto de sujeción de la brida ya que este presenta un excedente de peso; así como, se desmonta el manguillo de sujeción para trabajo manual. 	<ul style="list-style-type: none"> • En su estructura se torna más frágil • Al requerir utilizar la pistola rociadora en un trabajo manual es necesario el invertir tiempo para la colocación del manguillo de sujeción.
Figura 2.3.6.4	<ul style="list-style-type: none"> • Nos presenta una mejor estructura para la resistencia en cuanto a peso del la pistola rociadora. • Se puede utilizar de manera inmediata en forma manual. 	<ul style="list-style-type: none"> • El excedente de peso es una característica que afecta a este prototipo. • El accionador se ve afectado ya que en esta presentación la pistola cuenta con el maguillo de sujeción para trabajo manual.

Los siguientes modelos que se presentan son los que se proponen para el accionamiento del gatillo que permitirá el paso de los polvos de material de aporte para el recubrimiento en la pistola rociadora. Figuras 2.3.6.5 y 2.3.6.6.

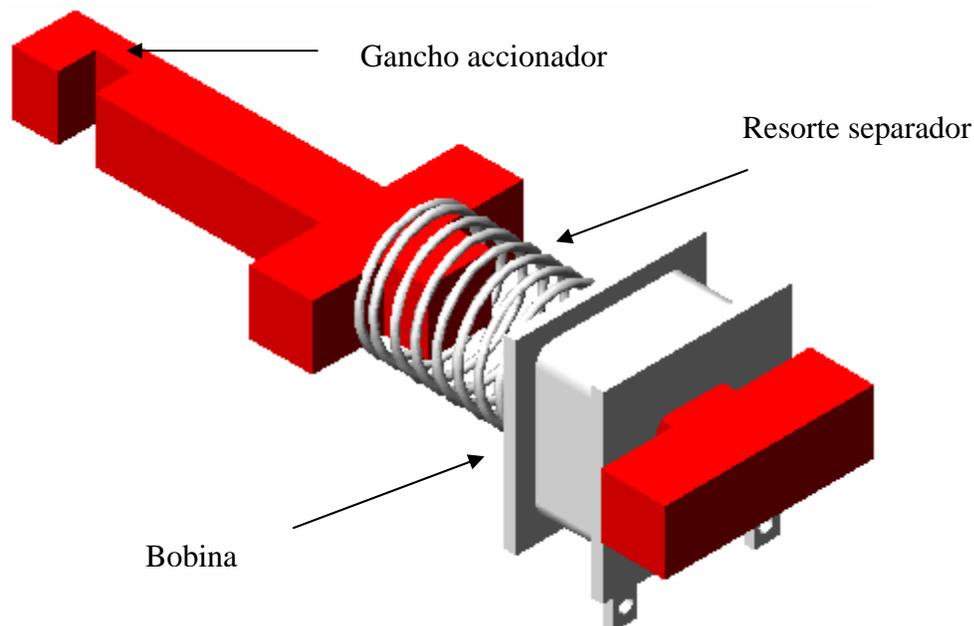


Figura 2.3.6.5. Accionador sin paredes de refuerzo para el campo magnético

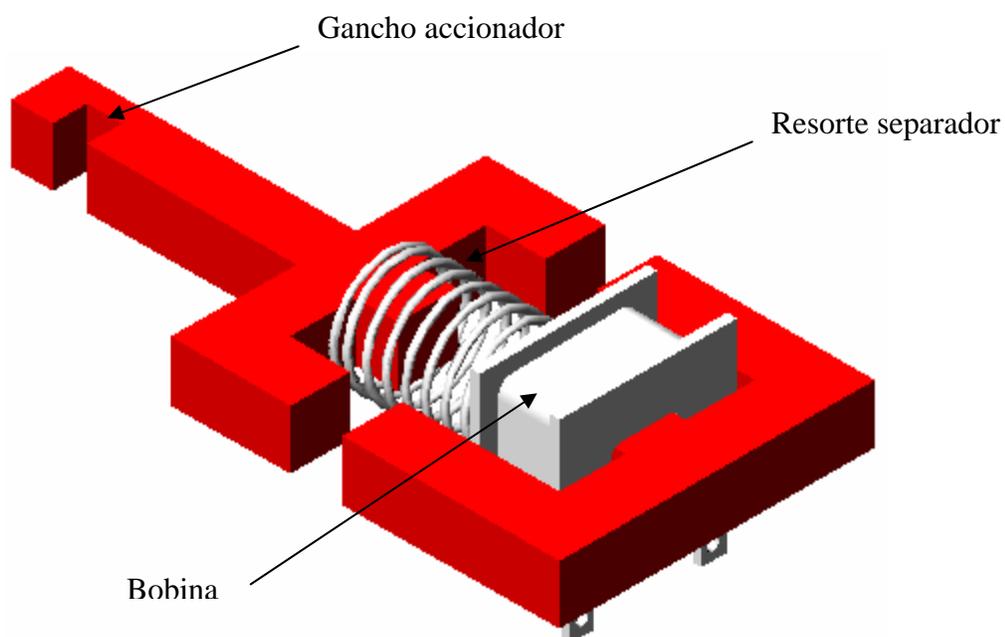


Figura 2.3.6.6. Accionador con paredes de refuerzo para el campo magnético

La siguiente tabla compara las ventajas y las desventajas que tenemos al fabricar uno u otro de los accionamientos para el gatillo.

	Ventajas	Desventajas
Figura 2.3.6.5	<ul style="list-style-type: none"> • Es más ligera y puede hacerse que la estructura reduzca considerablemente su dimensionamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> • El campo magnético disminuye y por consiguiente el accionamiento del gatillo puede no lograrse en su totalidad.
Figura 2.3.6.6	<ul style="list-style-type: none"> • Su campo magnético es mayor y con esto obtenemos una mayor fuerza en el accionamiento del gatillo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta su volumen y por consiguiente la estructura se torna de mayor tamaño.

A continuación se muestra el modelo a utilizar para la apertura del gas de la pistola, así como el elemento que nos otorgará mediante la producción de una chispa, la combustión de los gases.

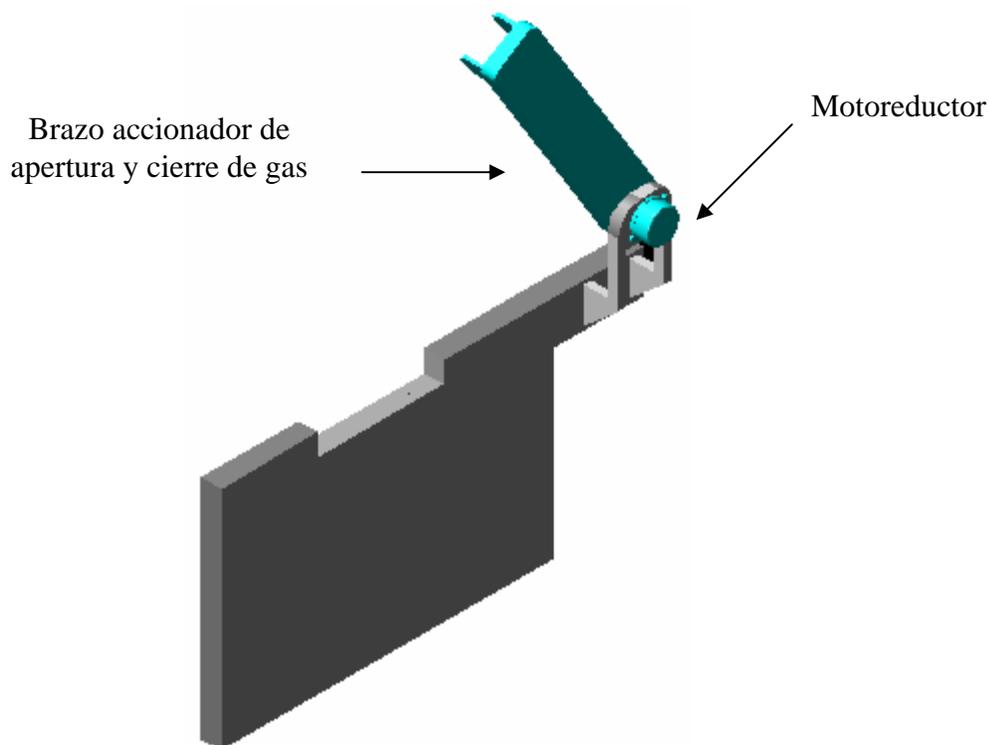


Figura 2.3.6.7. Elemento para la apertura del gas de la pistola

A continuación se muestra el siguiente modelo que por sus características se podría optar para la colocación de la pistola rociadora en el brazo mecánico (MOTOMAN) y con esto poder automatizar el proceso de proyección térmica, así como el funcionamiento de cada uno de sus componentes.

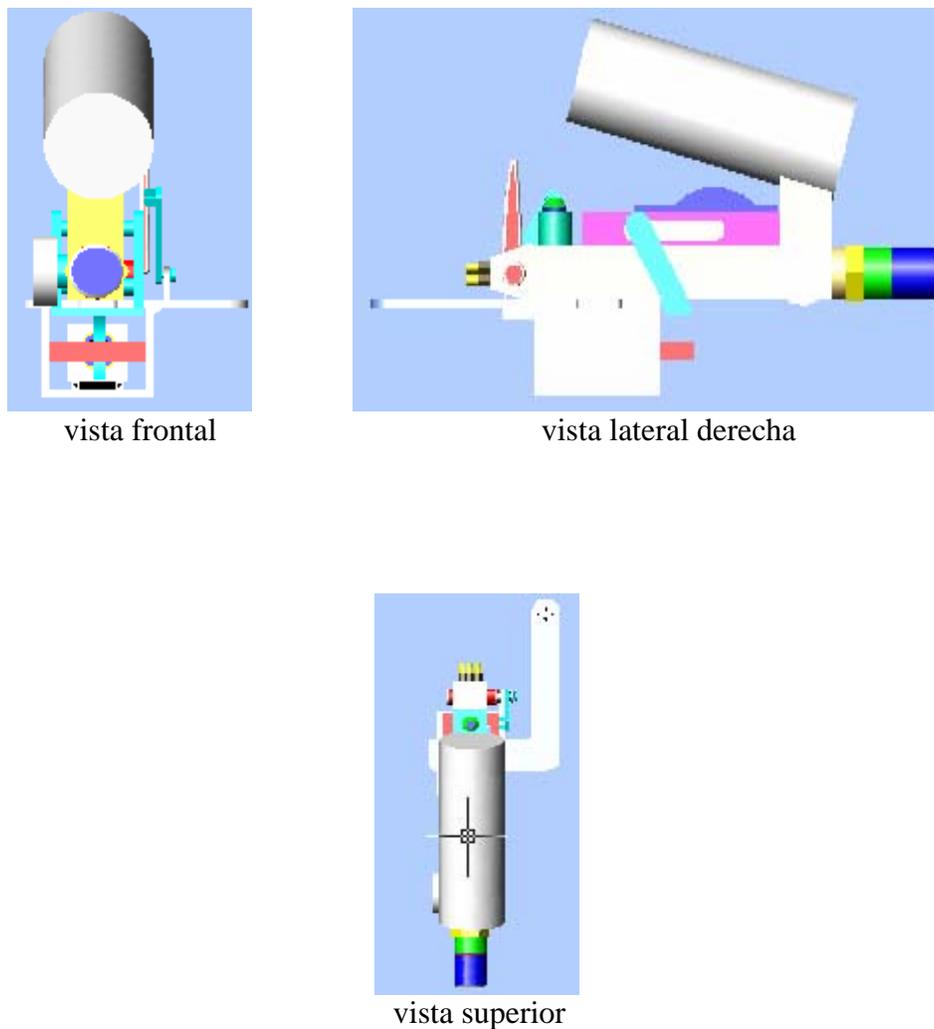


Figura 2.3.6.8. Vistas del equipo en distintos ángulos

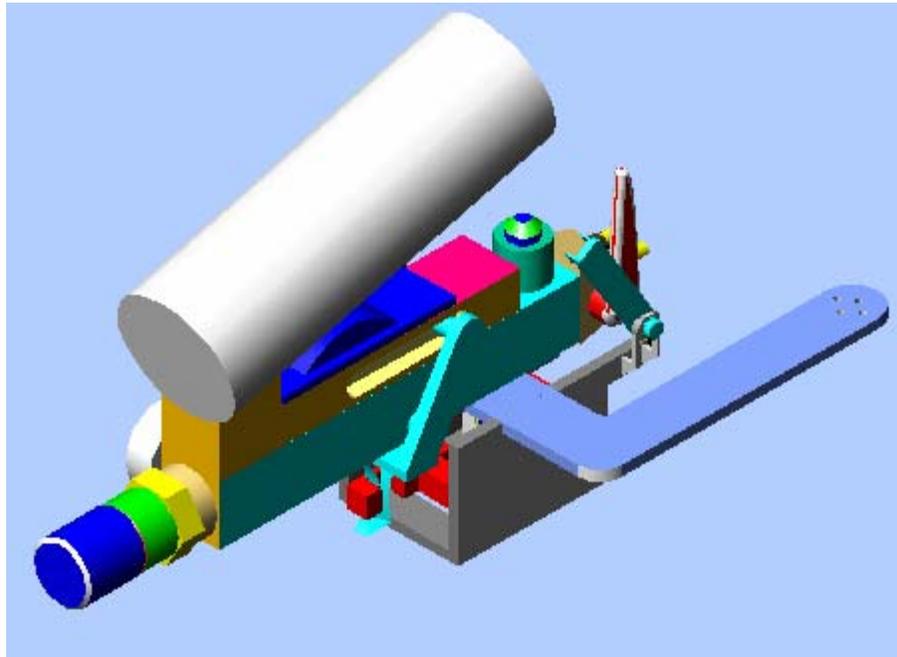


Figura 2.3.6.9. Pistola colocada en el elemento de automatización

2.4. FUNCIONAMIENTO BÁSICO DEL EQUIPO

- Paso 1. La palanca para la apertura de los gases es accionada por un motor que a su vez enciende en un primer termino un switch que activará el electrodo para la creación de la chispa de encendido que nos proporcionará la combustión. A continuación el brazo del motor accionará un segundo switch que detendrá el motorreductor.
- Paso 2. El brazo mecánico (MOTOMAN) se posicionará a cierta distancia (aproximadamente de 20 a 25 cm) del material base el cual será proyectado.
- Paso 3. Una vez posicionado el punto inicial de la aplicación, se procede al accionamiento del gatillo; esto se realiza energizando a la bobina que activará el gancho de disparo, quedando accionado el sistema de rociado.
- Paso 4. Se desenergizará la bobina de accionamiento del gatillo, dando como consecuencia la desactivación del rociado de material de aporte.

- Paso 5. En este momento el motoreductor invertirá su sentido y cerrará en su totalidad la válvula de los gases
- Paso 6. Terminado el proceso de rociado se alejará al brazo mecánico a una distancia considerable de la pieza de trabajo, dando con ello el termino del ciclo programado del sistema automatizado de rociado térmico.

La figura 2.4.1 muestra el prototipo a seguir para el ensamble de la pistola rociadora con el brazo mecánico.

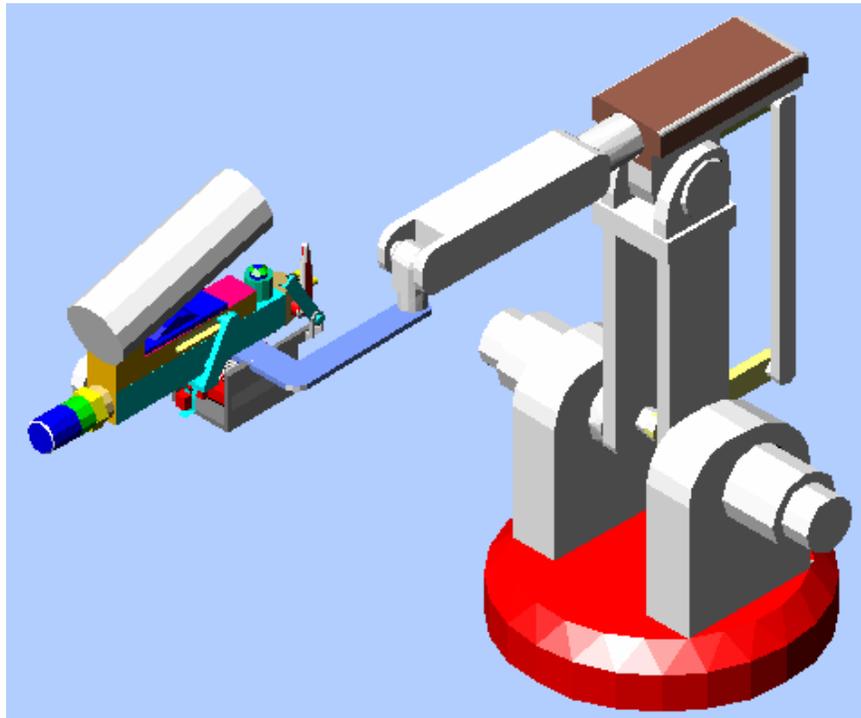


Figura 2.4.1. Proceso de rociado térmico automatizado

CAPITULO III

FABRICACIÓN DE ELEMENTOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA

3.1. DISEÑO DE DETALLE

En el diseño de detalle se tienen que idear varias posibles respuestas a un problema para poder dar solución a éste. Estas ideas se integran de la mejor manera para poder obtener un concepto completo en conjunto con la teoría básica, así como con las diferentes tecnologías para que dentro de las bases de la ingeniería se logre un mejor resultado.

Hoy en día todos los productos están hechos de un conjunto de elementos que los integran (los detalles), los cuales a un mayor o menor grado de descripción son definidos en su forma durante el diseño, pero éstas pueden llegar a variar considerablemente durante el proceso de detalle gracias a las posibilidades de manufactura, forma, etc., a las cuales son sometidas.

Al preparar el diseño de detalle es de vital importancia tener las especificaciones del producto a desarrollar, esto con el fin de poder alternarlas o mejorarlas durante el proceso.

Si al terminar un producto se requiere realizar una mejoría, será necesario mejorar las especificaciones de diseño, de manufactura, etc., lo cual conllevará a tener un proceso más eficaz debido a que estará preparado para tecnologías futuras.

3.2. ESPECIFICACIONES DEL CONCEPTO DE DISEÑO

El contexto es definido bajo las especificaciones del concepto de diseño (CDS). En caso de omitir alguna característica esto contribuirá a que el diseño se torne de una calidad baja y pueda ser rechazado en el mercado.

Los elementos típicos de CDS son:

- *Funciones:* Entradas / salidas, cargas, transitorios, trabajo requerido, estrés, efecto de componentes / interfaces adyacentes.
- *Restricciones locales:* Imposición del componente por la naturaleza del entorno que lo rodea y los componentes de interfase, el grado de interacción con los componentes adyacentes, armonización.
- *Ambiente:* Temperatura, humedad, corrosión, impacto, vibración, etc.
- *Pruebas:* Requerimientos del mismo componente.
- *Tiempo de sujeción:* ¿Dónde se tendrá al sistema para ser sostenido y por cuanto tiempo?.
- *Calidad, seguridad y vida:* Vida útil, mejoramiento durante su utilización, etc.

- *Mantenimiento*: ¿Filosofía de desecharlo o removerlo para su reparación?
- *Procesos*: Utilización en los procesos de la compañía, etc.
- *Costos de componentes*: Consideración de alternativas de diseño para minimizar costos.
- *Ergonómico / seguridad*: ¿Es un componente manejable?, ¿tiene facilidades especiales para su manejabilidad?, ¿se puede acoplar fácilmente a una maquina o sistema?
- *Estándares*: Estándares relevantes para materiales, terminaciones, tratamiento con calor, vida, tolerancias, dimensiones, valores (OHMS), etc.
- *Estética*: Forma o figura , ¿es importante para este componente?
- *Cantidad*: ¿Es negociable la manufactura con las cantidades requeridas?
- *Materiales*: alternativas.

Puntos generales que se deben de tener en cuenta en el diseño de detalle:

- Nunca tener al diseño de detalle sin alguna referencia del concepto elegido o viceversa.
- La interacción entre las áreas del diseño deben de estar consideradas junto con las restricciones de éstas áreas.
- El más simple y el más barato componente del diseño no siempre será el más económico en todos los sentidos.
- El más simple y el más barato componente del diseño es factible solo en el contexto de la especificación del concepto de diseño.
- Generalmente una reducción de la variedad del componente lleva a acortar tiempos y costos.
- Pensando en la forma en que los componente serán manufacturados. Si tienen una planta manufacturera, ¿te gustaría diseñar para utilizarlo?
- Pensando en una caída de submontaje.
- ¿Es la manera más simple?
- ¿Cómo lo hacen otras industrias?
- ¿Puede ser abolido?
- ¿Puede otra parte o función ser abolida o reducida?
- ¿Puede alguna o todas las partes o funciones ser sustituidas por otros componentes?
- ¿Pueden partes o funciones ser divididas, posiblemente dando más pero llegando a ser partes más simples?
- ¿Pueden las partes o funciones ser amalgamadas?
- ¿Se pueden construir más económicamente?
- ¿Puede construirse de partes estándar?
- ¿Ayudará construirlas como estándar?
- ¿Puede utilizarse un principio nuevo o diferente?
- ¿Puede hacerse más simple?
- ¿Debería hacerse más grande?

Una reducción en el número de partes durante un ensamble no solo simplifica y reduce el costo del ensamble, también produce ahorros en el material de construcción, almacenaje, distribución y forma de operación, todo lo que contribuirá al alce de la compañía.

El 70% al 80% de la actividad del diseño en la industria esta ligado al detalle o técnica del diseño.

3.3. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL DISEÑO

Los pasos a seguir para la realización del proceso de automatización son los siguientes:

- Paso 1. La apertura del gas será activada mediante el brazo del motoreductor, así como a su vez accionará un primer switch que encenderá el electrodo, el cual nos proporcionará una chispa con la que se obtendrá la combustión de gases, posteriormente encontrando la presión adecuada, el motoreductor se desactivará mediante el accionamiento de un segundo switch.
- Paso 2. A continuación el brazo mecánico posicionará a la pistola de rociado en el punto inicial de trabajo a una distancia aproximada de entre 20 y 25 cm.
- Paso 3. Una vez encontrado dicho punto se activará el rociado. Esto se realizará mediante la energización de la bobina del gatillo que a su vez ésta atraerá al gancho que accionara al gatillo. la Bobina permanecerá activada dejando el sistema de rociado activado. Este procedimiento podrá ser repetido las veces que se desee energizando y desenergizando el accionador, propiciando con ello el ahorro de material de aporte.
- Paso 4. Terminado el proceso de rociado se alejará al brazo mecánico a una distancia considerable de la pieza de trabajo y se desenergizará al accionador, lo que con lleva a la desactivación de la proyección de material de aporte.
- Paso 5. En este momento el motoreductor invertirá su sentido y cerrará en su totalidad la válvula de los gases, dando con ello el termino del sistema de automatización del proceso.

3.4. DISTINTOS TIPOS DE MODELADO

Una vez dadas a conocer las distintas propuestas para llegar a la automatización del proceso en un sistema de metalizado por rociado térmico, será necesario un modelado de cada uno de los componentes a desarrollar.

Existen diferentes formas de realizar o de representar un diseño, dentro de las cuales existen las siguientes:

- *Modelado de alambre.* Consiste en la representación del objeto mediante coordenadas realizadas en términos de puntos y líneas. Tiene como desventaja la no distinción entre lo interior y lo exterior de un objeto en tercera dimensión.
- *Modelado de superficies.* Es representado por puntos, líneas y caras. Tiene la ventaja de la utilización de sombreado en las superficies dando con ello la facilidad de reconocer formas complejas.
- *Modelado paramétrico.* Utiliza ecuaciones y relaciones lógicas para los elementos geométricos representados.
- *Modelado geométrico.* Se puede representar en 3D mediante la creación de dibujos más detallados por medio de herramientas computacionales.
- *Modelado de sólidos.* Este consiste en la representación en 3D del sistema a desarrollar, proporcionando para ello una representación volumétrica, la cual combina fuentes de luz para la proyección de efectos de sombras que nos proporcionan un detalle más claro y preciso del diseño. También se pueden realizar simulaciones y distintas perspectivas del sistema desarrollado.

El modelado que se opto por utilizar será el de modelado de sólidos, ya que este nos proporciona una imagen clara de los elementos a representar.

3.5. REPRESENTACIÓN DEL DISEÑO MEDIANTE EL MODELADO DE SÓLIDOS

A continuación se representan las distintas partes a utilizar para la realización del proyecto de automatización del proceso.

En un primer término se muestra el diseño final para el soporte de la pistola y de la carcasa, así como del acoplamiento al brazo mecánico. Figura 3.5.1.

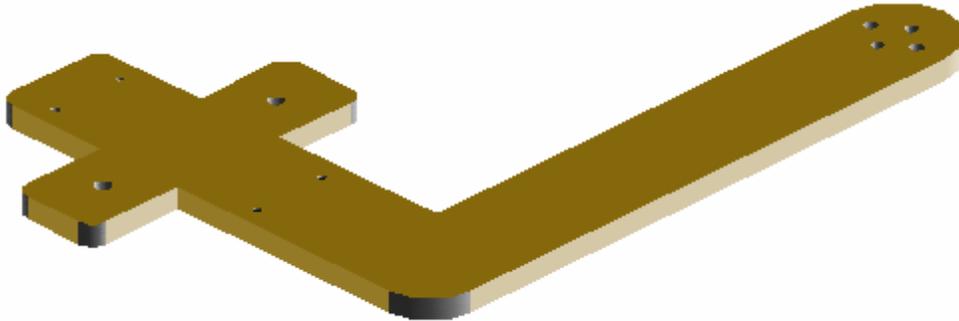


Figura 3.5.1. Soporte

A continuación se presenta el sistema de disparo para el accionamiento del gatillo de la pistola rociadora Figura 3.5.2.

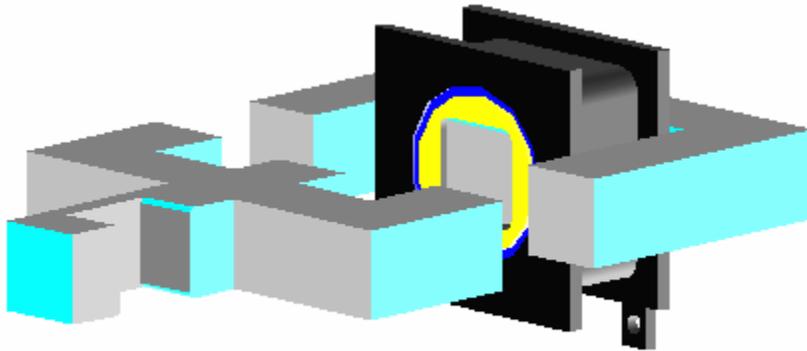


Figura 3.5.2. Sistema de disparo para el accionamiento del gatillo

Es necesaria la utilización de un sistema de soporte para el diseño del accionamiento del gatillo antes mencionado. Para ello se representa el diseño para el sistema soporte. Figura 3.5.3.

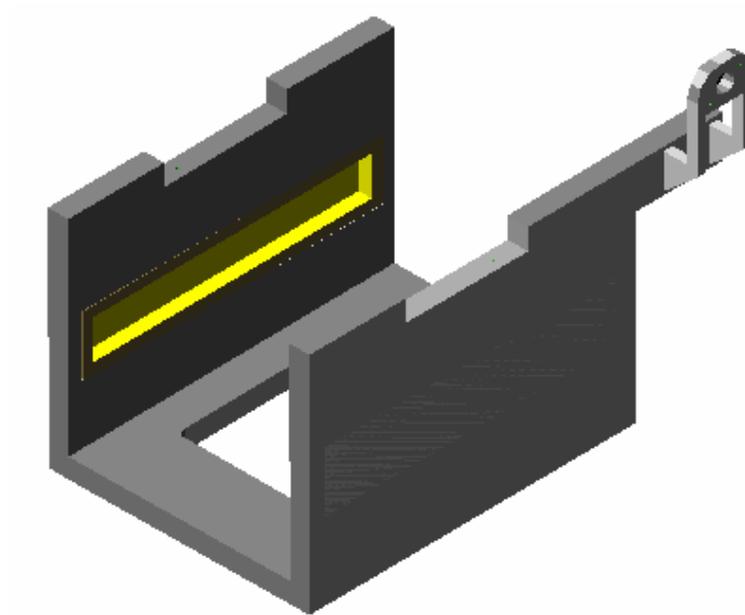


Figura 3.5.3. Carcasa

Para el sistema de encendido se representa un brazo mecánico el cual accionara la válvula de apertura de gases por medio de un motoreductor que estará mecánicamente acoplado a la carcasa. Figura 3.5.4.

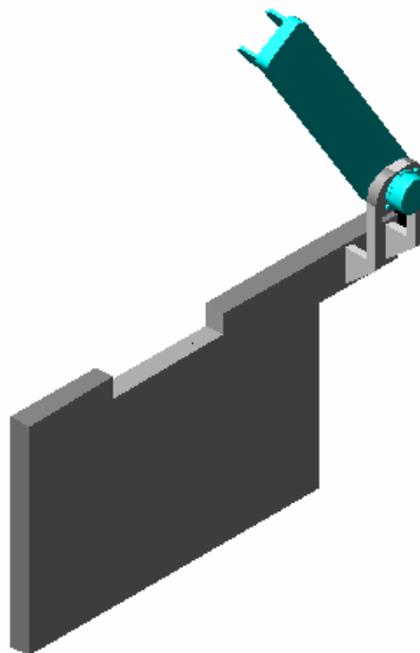


Figura 3.5.4. Sistema de accionamiento de la válvula

En la siguiente figura se representa el sistema de automatización de rociado térmico ilustrando el acoplamiento de todos sus componentes. Figura 3.5.5.

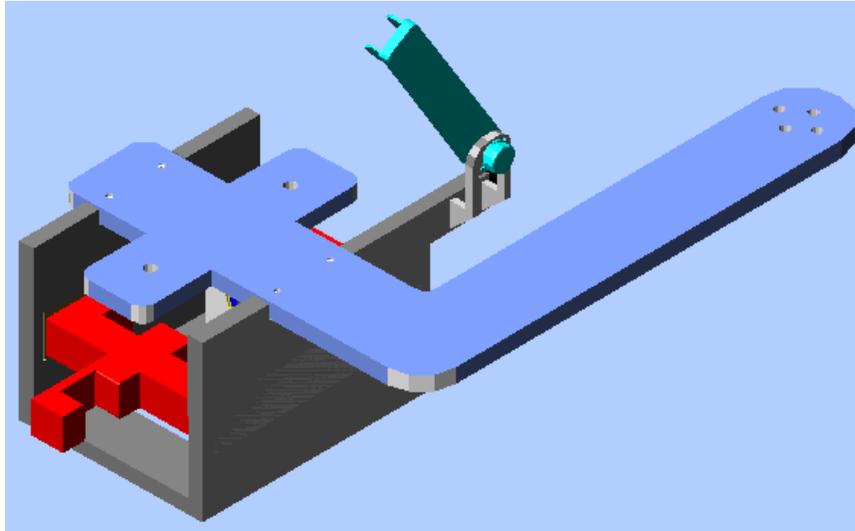


Figura 3.5.5. Equipo ensamblado

En la figura 3.5.6 se representa el montaje de la pistola de proyección térmica sobre el sistema de soporte y acoplamiento.

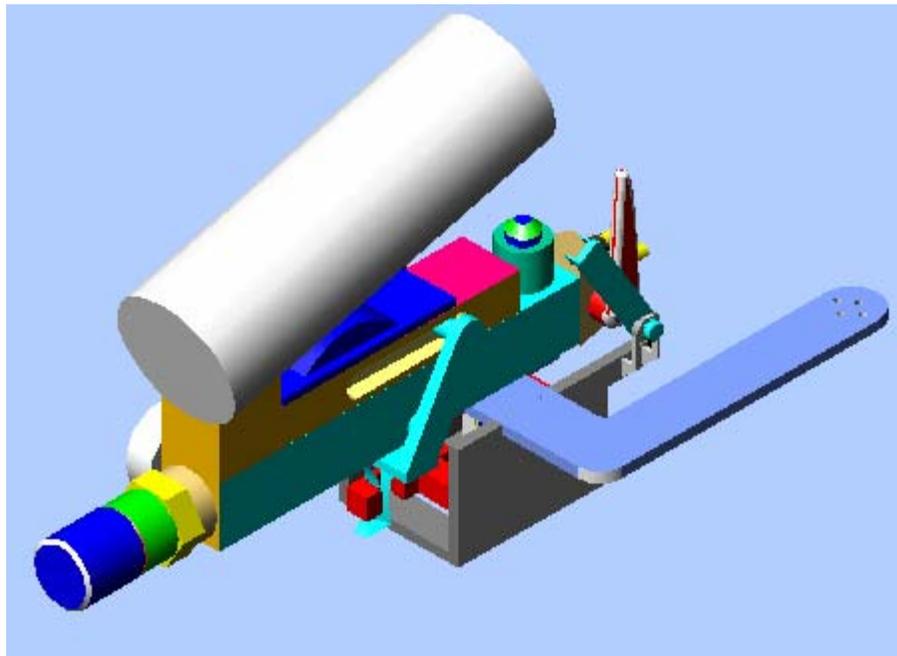


Figura 3.5.6. Pistola colocada en el elemento de automatización

A continuación se muestra el diseño terminado, en donde se ilustra la colocación que se requiere de el equipo de automatización en el brazo mecánico (MOTOMAN) para un correcto funcionamiento del proceso. El modelo representado es el que pretende se la mejor opción en cuanto a fabricación, costos y sobre todo la principal restricción que se presenta que es el ahorro de peso en todo el conjunto del equipo. Figura 3.5.7.

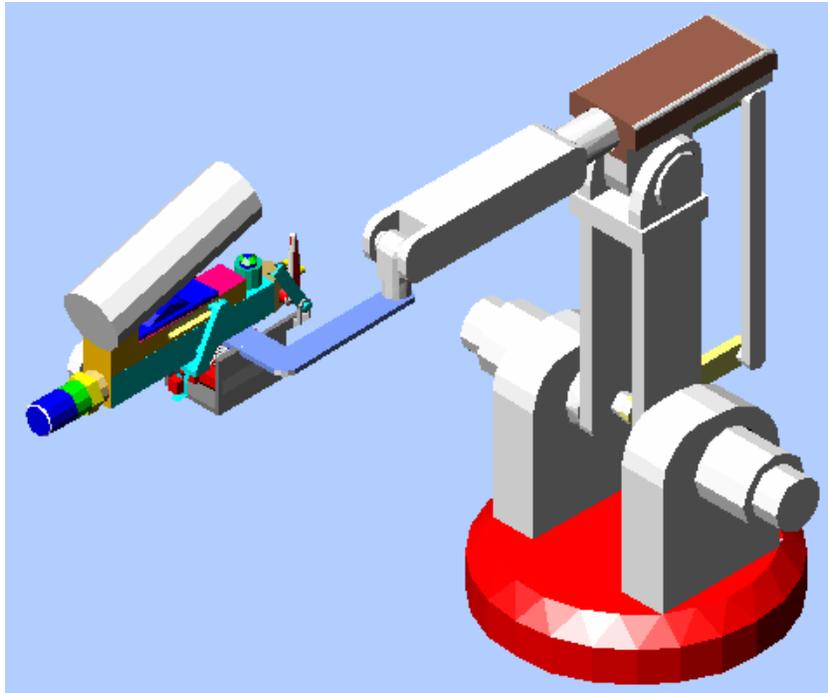


Figura 3.5.7. Brazo mecánico con el aditamento de automatización de la pistola de proyección térmica

3.6. MAQUINADO

En esta sección se establecerán las condiciones a las cuales los materiales serán sometidos dentro de un proceso de maquinado. Esto se realizará con una maquina fresadora debido a sus características de elaboración de las partes en cuestión y a su vez se dará una breve reseña de los conceptos básicos del proceso de maquinado de piezas.

SIGNIFICADO DE MAQUINADO

Los procesos de conformado por eliminación de material, comúnmente llamados procesos de maquinado, se caracterizan por la obtención final de una figura geométrica específica diseñada por el usuario. A esta se llega mediante la devastación o arranque de material.

Existen dos tipos de categorías dentro de un proceso de maquinado, las cuales se distinguen por ciertas características dentro del método de la obtención de la viruta.

- **PROCESOS CONVENCIONALES.** En esta categoría el arranque de material se da mediante un medio mecánico y tenemos dentro de este al proceso de fresado, torneado, rectificado y cepillado.
- **PROCESOS NO CONVENCIONALES.** En esta categoría la obtención del material inservible se obtiene por distintos métodos al mecánico los cuáles son el eléctrico y el físico-químico; como ejemplo de un proceso de esta categoría se pueden enunciar la electroerosión y el fresado químico.

En la actualidad un proceso de maquinado es el medio de fabricación más ampliamente utilizado en la industria, ya que en éste es obtenida una gran variedad de tipos de geometrías a un alto nivel de precisión dimensional.

ELEMENTOS DE UN PROCESO DE MECANIZADO CONVENCIONAL

Para la realización de un proceso de mecanizado es indispensable que intervengan los siguientes elementos:

- pieza
- herramienta
- máquina herramienta
- utillaje
- sistema de control

Pieza.

En un primer termino “pieza” representa al material u objeto que será afectado dentro del proceso de maquinado. La pieza nos presenta una preforma o estado inicial, su geometría nos entrega unas creces, esto es, que se muestra con una sobre dimensión a la cual llegará en un segundo término. Como primer paso se puede mencionar la eliminación del material la cual se obtiene realizando una serie procesos consecutivos que nos van mostrando la preforma de la pieza terminada. Hay dos tipos de operaciones con las que se obtiene un producto final: la primera es la operación de desbaste con la que obtenemos la pieza terminada en bruto y la segunda que es la de acabado, que nos entregará finalmente a la pieza con ciertas características de acabado superficial.

A parte de las condiciones a las cuales se somete el material para llegar a una pieza final existen otras características de diseño que se ven involucradas y que participan de una manera importante, ya que con ellas se programa el proceso al cual será sometido y con ello el tipo de acciones que se tomarán para la culminación del mismo.

Herramienta.

Este es el elemento que entra en contacto directo con la pieza y produce la eliminación del material de la preforma. Una herramienta cuenta con varias aristas o comúnmente llamadas filos de corte. Entre estas resultan de mayor interés la denominada cara de incidencia, que es aquella que queda frente a la superficie mecanizada de la pieza y otra es la cara de desprendimiento por el que es arrojado el material de desprendimiento o viruta.

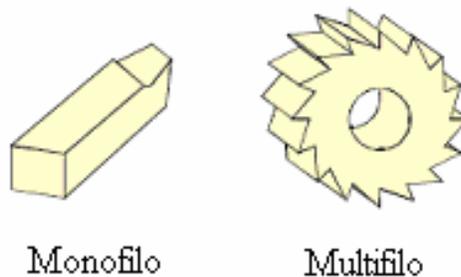


Figura 3.6.1. Herramientas de mecanizado.

En la actualidad existe una gran variedad de tipos de herramientas que su función depende directamente de la operación a realizar, de la maquina-herramienta en la que se va realizar la operación y por ultimo de las características y propiedades de las que se pretenden conseguir para la finalización la pieza. En un primer termino se pueden considerar las herramientas de una sola arista o filo llamadas HERRAMIENTAS MONOFILO, las cuales comúnmente son utilizadas en maquinas del tipo torno. También existen las del tipo MULTIFILO, las cuales son utilizadas en equipos de fresado. Ésta última está constituida de dos elementos, una que es la parte con la que se realiza la fijación a la maquina-herramienta y la otra que es la que interactúa cortando, o sea, la que tiene los filos o aristas.

Dentro de las herramientas existen dos grupos que son: En el primer grupo están las que se consideran *herramientas enterizas*; en donde la herramienta en su totalidad es del mismo material en su constitución física. En el segundo grupo están las *herramientas de plaquitas*; éstas se nombran así debido a que la parte activa y el resto de la herramienta son de diferentes materiales, en donde en la parte activa se tiene una forma de plaquita que generalmente está adherida al cuerpo de la herramienta mediante medios de fijación mecánicas (tornillos, bridas, etc.) o por medio de fusión de materiales (soldadura).

Máquina-Herramienta.

La maquina-herramienta puede considerarse constituida por un conjunto de dispositivos que le permiten el desplazamiento relativo de la pieza y la herramienta, así como la eliminación de material de la preforma. Existen dos tipos de grupos que encierran las diferentes características: *Dispositivos de sujeción* y *Dispositivos de accionamiento*.

- *Dispositivos de sujeción.* Son aquellos que aseguran que la pieza o herramienta quede fija, de tal manera que permitan la eliminación de material de la preforma.
- *Dispositivos de accionamiento.* Son aquellos que se encargan de que la herramienta o la pieza se desplace de tal forma que se realice el desbaste de la preforma, lo que conlleva a la eliminación de material.

Utillaje.

Es todo aquel conjunto que cumple misiones de posicionamiento, fijación o cualquier otra función auxiliar en relación con la pieza, la herramienta o su movimiento relativo.

Sistema de Control.

Engloba los dispositivos encargados de controlar los desplazamientos relativos entre piezas y herramientas. En las máquinas convencionales el control suele ser realizado por acciones del operador (tornero, fresador) sobre los dispositivos que a tal efecto cuenta la máquina-herramienta (volantes, botoneras, palancas de control, etc.). En las máquinas de control numérico, este tipo de acciones quedan relegadas al propio control de la máquina sin que se produzca una intervención directa del operario sobre el proceso de eliminación de material.

3.7. MATERIALES DE PIEZAS Y HERRAMIENTAS

Materiales de Piezas.

El material que se piensa maquinar es una de los condicionantes que se tienen para iniciar el proceso y aún sabiendo sus características físicas, nunca se sabe cómo responderá el material al proceso, esto debido al nivel elevado de factores que intervienen en él. Aunque ya existen valores predeterminados para la intervención del material, en ocasiones no se ajustan en una situación en particular, aunque al final sirven como base para realizar los ajustes pertinentes que conlleven a una solución eficaz y productiva.

Los materiales que se pretende maquinar son el aluminio y el ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno). Este último tiene su propia máquina de maquinabilidad la cual es llamada estereolitografía.

La palabra MAQUINABILIDAD se utiliza para caracterizar el comportamiento de un material determinado. De una forma englobada se puede cuantificar una serie de factores que están íntimamente relacionados con el material de la pieza que inciden directamente en la maquinabilidad, de los cuales se podrían mencionar los siguientes:

- Composición química
- Estructura
- Comportamiento térmico

Composición Química.

Es importante conocer la composición del material a trabajar debido a que los materiales se componen de aleaciones más o menos fuertes que pueden influir en la maquinabilidad, por tal motivo la pieza puede ser más o menos fácil de trabajar.

Estructura.

Los materiales se pueden comportar distinto en cuanto a maquinabilidad se refiere debido a varios factores como a la presencia de deformaciones que vuelven más dura a la pieza, a los elementos aleados en ella, a los estados de tensión. Todos estos factores pueden provocar una estructura diferente entre una pieza y otra.

Comportamiento Térmico.

Se puede observar de dos formas. La primera, la conductividad térmica que el material tendrá, la cual facilitará o dificultará la eliminación de calor y en algunos casos se podrá mejorar la maquinabilidad. La segunda, se pueden modificar las composiciones químicas, mecánicas o la estructura del material a trabajar.

3.8. MOVIMIENTO RELATIVO PIEZA / HERRAMIENTA

Existe un movimiento relativo entre la pieza y la herramienta que es el que nos otorgará la eliminación del material sobrante de la preforma para obtener la pieza final. Este tipo de movimiento se divide en:

- Movimiento principal
- Movimiento de avance
- Movimiento de penetración

Movimiento Principal.

Es aquel que se encarga de la eliminación del material sobrante y es en el que se utiliza la mayor parte de la energía del proceso.

Movimiento de Avance.

Este movimiento nos otorga un arranque continuo de material ya que nos dibuja la trayectoria a seguir.

Movimiento de Penetración.

Es un movimiento previo del proceso en el cual es posicionada la herramienta con la pieza de preforma y es responsable de la cantidad de material eliminado en una sola acción.

3.9. FRESADO

La principal característica de la fresadora es que su movimiento principal, por lo regular, lo tiene la herramienta. La mesa de trabajo proporciona el avance, así como la profundidad de los cortes.

El proceso de fresado utiliza un cortador con varios dientes que giran a alta velocidad, los cuales avanzan lentamente frente a la pieza de trabajo y dado que generalmente hay varios dientes en contacto con ésta, es posible conseguir una alta velocidad de remoción de metal.

Existen diversos tipos de fresadoras. En general, las máquinas fresadoras pueden clasificarse como:

- De propósito general
- Para producción
- Tipo planeo
- Fresadoras especializadas
- Fresadoras CNC

En esta ocasión utilizaremos la fresadora CNC, la cual presenta el siguiente funcionamiento.

En las máquinas fresadoras CNC la trayectoria de la fresa se controla por datos numéricos en lugar de plantillas físicas. Estas máquinas están adaptadas especialmente para el fresado de perfiles, fresado de cavidades, fresado de contorno de superficies y operaciones de tallado de dados, en donde se requieren controlar dos o tres ejes simultáneamente.

Tipos de cortadores.

El método para cualquier trabajo específico puede determinarse por: La clase de máquina fresadora a usarse, el cortador o la forma de la pieza de trabajo y la posición de la superficie.

El cortador a utilizar para desarrollar el trabajo es de 2 y 4 filos, dentro del cual se pueden desarrollar distintos procesos como lo es el careado, el corte y la rectificación de la pieza a trabajar.

3.10. ESPECIFICACIONES

Una vez obtenido el diseño aprobado es necesario encontrar el tipo de material que se tendrá que utilizar para la fabricación y construcción del mismo. Esto nos conlleva a la utilización de un margen de selección llamado Índice de Propiedades Ponderantes o de Desempeño, con el cual obtendremos la elección del material adecuado, según las necesidades del proyecto.

SELECCIÓN DE MATERIAL

La selección de material se realizará aplicando el Índice de Propiedades Ponderantes, para lo cual se requiere del conocimiento de las propiedades más importantes a discutir de cada material y la aplicación de la expresión:

$$\gamma = \sum \beta_i \omega_i$$

donde:

- γ Índice de propiedades ponderantes.
- β_i Escala de la propiedad.
- ω_i Factor de peso.

En primer lugar se va a determinar el número de combinaciones entre las propiedades tomadas de dos en dos. Dichas propiedades son:

1. Temperatura de fusión.
2. Peso específico
3. Dureza
4. Rigidez

De la fórmula de combinaciones:

$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$

sustituyendo $n = 4$, se obtiene un total de 6 combinaciones.

Se elabora un cuadro con el número de la propiedad en forma vertical y las combinaciones entre éstas en forma horizontal; en cada combinación se asignará 1 (uno) para la propiedad más importante y 0 (cero) para la menos importante.

El cuadro queda como el siguiente:

Propiedad	Combinaciones					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
1	0	0	0			
2	1			1	1	
3		1		0		0
4			1		0	1

A continuación se calcula el factor de peso (ω_i) de cada propiedad mediante la expresión:

$$\omega_i = m_i / N$$

donde “m” es la suma de las decisiones positivas (1s) de cada propiedad.

Propiedad	Decisiones positivas m_i	Factor de peso ω_i
1	0	0.0000
2	3	0.5000
3	1	0.1667
4	2	0.3333

Para la escala de la propiedad se pondera de 0 a 100, asignando 100 para el mejor valor de acuerdo a lo que se desea y los valores restantes se obtienen por regla de tres.

Material	Temperatura de fusión (°C)	Escala de la propiedad (β_i)
Aluminio	660	47.14
Acero	1400	100
Bronce	900	64.29
Latón	940	67.14

Material	Peso específico (Kg/dm ³)	Escala de la propiedad (β_i)
Aluminio	2.77	100
Acero	7.85	35.2866
Bronce	7.59	36.4954
Latón	8.80	31.4773

Material	Dureza Brinell	Escala de la propiedad (β_i)
Aluminio	95	39.4191
Acero	200	82.9876
Bronce	241	100
Latón	143	59.3361

Material	Módulo de elasticidad (Kg/mm ²)	Escala de la propiedad (β_i)
Aluminio	7030	33.4762
Acero	21000	100
Bronce	11240	53.5238
Latón	11950	56.9048

Nota: Los materiales son: aluminio 6061, acero 1045, bronce de aluminio y latón Cu 90 Zn 10.

Se reúnen todos los valores obtenidos para calcular el índice de propiedades ponderantes.

Material	Temperatura de fusión. ($\beta_i \omega_i$)	Peso específico ($\beta_i \omega_i$)	Dureza ($\beta_i \omega_i$)	Módulo de elasticidad ($\beta_i \omega_i$)	Índice de propiedades ponderantes.
Aluminio	0	50	6.5712	11.1576	67.7288
Acero	0	17.6433	13.8340	33.33	64.8073
Bronce	0	18.2477	16.67	17.8395	52.7572
Latón	0	15.7386	9.8913	18.9664	44.5963

Finalmente se selecciona el material con mejor índice. En la tabla se observa que el aluminio finalmente es el material que se utilizará para la fabricación del soporte del equipo de proyección y automatización.

3.11. ELEMENTOS DE ENSAMBLE

Los ensambles necesarios para la sujeción de las piezas que son extraíbles se realizarán por medio de tornillos de material galvanizado para evitar la corrosión. La tornillería que se utilizará es del tipo M10 de cabeza del tipo hallen de 3 mm de diámetro por 0.625 mm de longitud en cuerda estandar, también se utilizarán tornillos de cabeza de gota en forma plana de 2.5 cm y de 6.25 cm de largo por 0.125 mm de diámetro para los dos tipos. Estos últimos con tuerca hexagonal y en cuerda estandar.

CAPITULO IV

BANCO DE PRUEBAS DEL EQUIPO AUTOMATIZADO

Para la realización de las pruebas se optó por realizar un programa que recubriera una superficie de 12.5 por 5 cm colocado sobre una mesa de pruebas con la inclinación de 30° aproximadamente y la posición de ésta correctamente. El programa fue creado con el lenguaje del MOTOMAN y dura aproximadamente 5 minutos para proporcionar 16 revestimientos sobre la superficie.

Las 5 piezas a recubrir se prepararon previamente por medio del granallado para la correcta aleación del material de relleno y la pieza.

4.1. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (MECANICA) DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA

En éste capitulo se mostrarán las piezas terminadas tanto en diseño como en forma física, además de mencionar el comportamiento demostrado durante el desarrollo del trabajo para la cual fue efectuada cada una de ellas. Al mismo tiempo se mencionará si fue necesaria alguna modificación de importancia para tener un mejor resultado. Cabe mencionar que todas las piezas fueron diseñadas en el programa de MECHANICAL DESKTOP 6. Para el caso de las piezas que fueron creadas con material ABS (Acrilonitrilo Butadieno Estireno), el diseño de las piezas se trasladó a SOLID EDGE para darle la extensión que nos sirvió finalmente para llamarlo con el programa CATALYS. Este último es el que nos dio la comunicación con una maquina de ESTEREOLITOGRAFÍA para la impresión de las piezas.

❖ SOPORTE DE LA PISTOLA ROCIADORA

El soporte está comprendido por una pieza metálica hecha de aluminio con un espesor de 10 mm en todo su perímetro, la cual cuenta con diferentes perforaciones que están destinadas a la sujeción tanto de la carcasa de automatización como también de la misma al brazo mecánico (MOTOMAN). Dicha pieza fue fabricada en una maquina CNC modelo VMC 300 la cual es un centro de maquinado (ver lamina en apéndice).

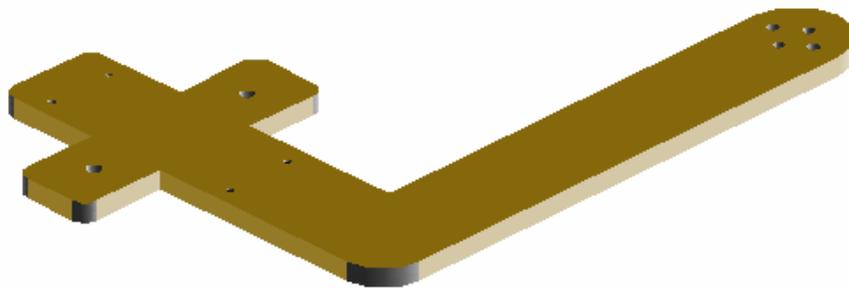


Figura 4.1.1. Soporte de la Pistola Rociadora

Ésta pieza al montarse y al entrar en funcionamiento se pudo observar que no sufrió ningún tipo de deformación ni vibración, cosa que se temía debido que ésta es la que presenta mayor peso.



Figura 4.1.1-A. Soporte de la Pistola Rociadora al brazo mecánico

❖ CARCASA DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

- COMPARTIMIENTO DE LA BOBINA DEL ACCIONADOR DEL GATILLO

El material de ésta pieza es un polímero llamado ABS el cual tiene una resistencia a la elasticidad bastante buena, además de tener la característica primordial de que es un material muy ligero, inclusive más que el Naylamid. Ésta pieza soporta dos elementos los cuales son el soporte del motor accionador de la válvula para la apertura de combustible y a su vez al sistema de accionamiento del gatillo. Se realizaron pocas modificaciones al diseño primario lo cual nos indica que fue en su totalidad un producto bien desarrollado (ver plano en el apéndice).

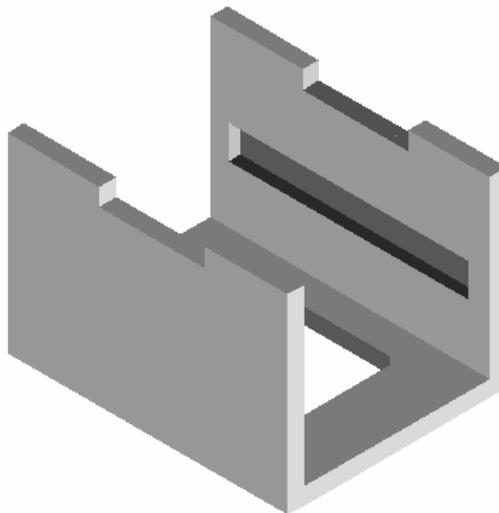


Figura 4.1.2. Compartimiento de la bobina del accionador del gatillo

- ACTUADOR DEL GATILLO

Esta pieza se realizó del mismo material antes mencionado la cual se sujetó a una de las piezas de la armadura de la bobina que accionará al gatillo. Además se le agregó un tornillo el cual nos sirve como un ajustador para calibrar la distancia entre el gatillo y el actuador, para con ello poder obtener un mejor resultado a la hora del accionamiento del mismo, así también para no tener poca afluencia de material de proyección dentro del proceso (ver plano en el apéndice).

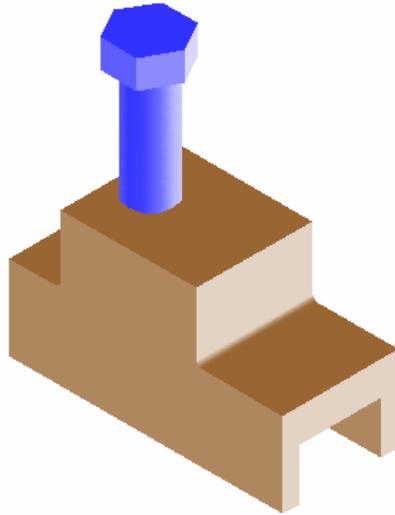


Figura 4.1.3. Actuador del Gatillo

- SOPORTE DEL MOTOR ACCIONADOR DE LA VÁLVULA DE GAS

El material de ésta pieza es el mismo utilizado con anterioridad en la carcasa, la cual demostró un buen comportamiento a las deformaciones plásticas. En este caso no hubo necesidad de modificar dicho elemento (ver plano en el apéndice).

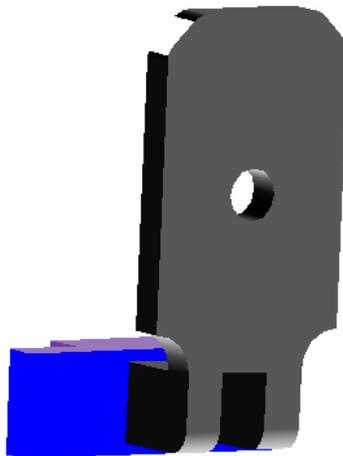


Figura 4.1.4. Soporte del motor accionador de la válvula de gas

- BRAZO ACCIONADOR DE LA VÁLVULA DE GAS

No mostró ningún problema al efectuar su trabajo soportando la fuerza aplicada sobre ella para el accionamiento eficaz de la válvula de apertura de gas, ni para el barrenado efectuado en el extremo donde actúa el motor, el cual tiene un torque bastante fuerte para poder realizar dicha tarea (ver plano en el apéndice).

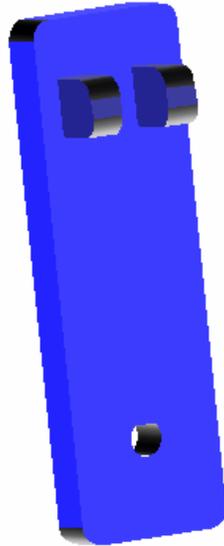


Figura 4.1.5. Brazo accionador de la válvula de gas

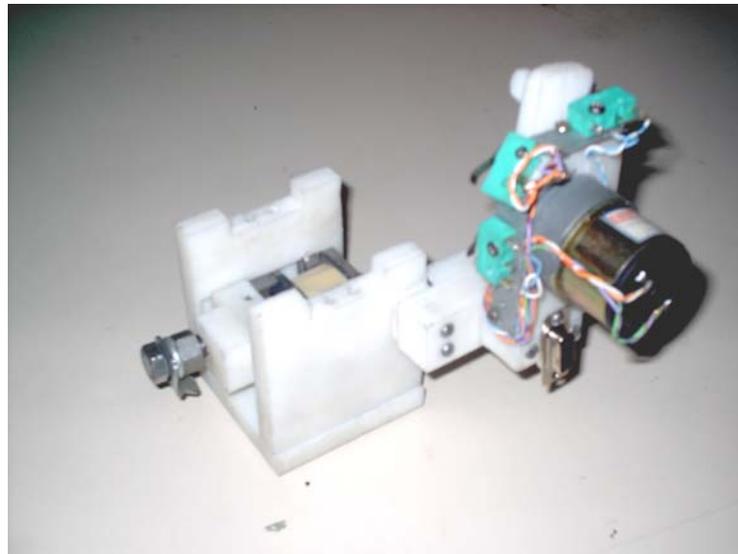


Figura 4.1.6. Ensamble completo de la carcasa del sistema de automatización

4.2. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN (ELECTRÓNICA) DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA

Para lograr la automatización del proceso se opto por lo siguiente:

1. Para la apertura de la válvula se utilizó un motoreductor de corriente directa con el torque suficiente para la apertura de ésta.
2. Para el accionamiento del gatillo de la pistola rociadora se utilizó una bobina de disparo perfectamente acoplada.
3. Para la chispa que producirá el encendido del gas se utilizo un sistema eléctrico del tipo de las estufas de gas domesticas.

El diagrama de alambrado para el circuito total, así como sus conexiones quedaría como se muestra a continuación.

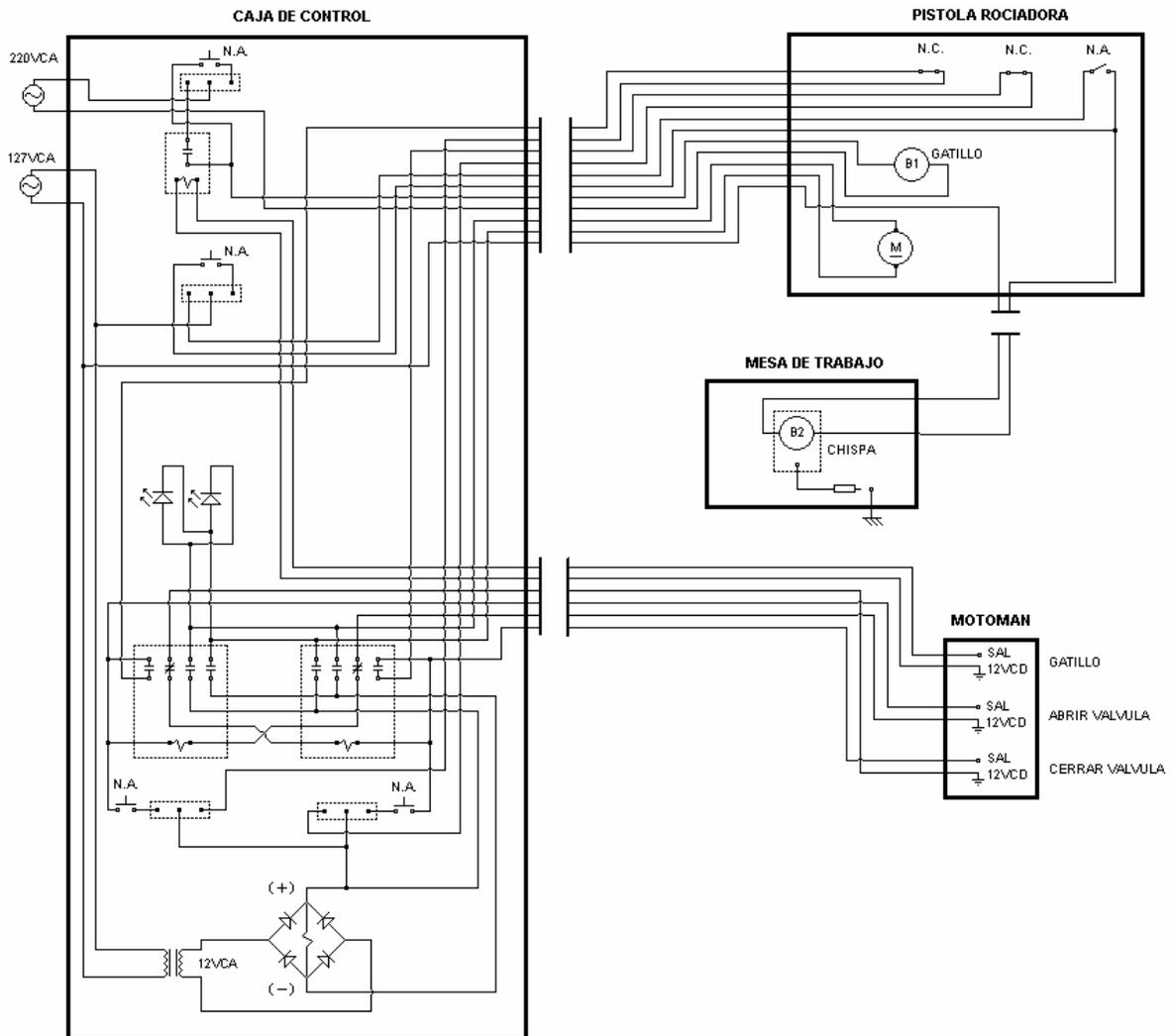


Figura 4.2.1. Diagrama de alambrado general

Todos estos elementos fueron diseñados para su automatización en modo manual o automático. Esto con la finalidad de poder realizar pruebas, ajustes o se quiera realizar mantenimiento a las piezas siempre y cuando el sistema se encuentre colocado en modo manual. A continuación se describen los procesos utilizados para la automatización.

- SISTEMA DE ENCENDIDO DEL MOTOR

Se realizó un circuito con componentes e ideas básicas que permitiera el accionamiento tanto manual como automático de un motor para la apertura de la válvula.

Material utilizado.

- 2 relevadores de 4 polos, con bobina 24 VCD
- 1 transformador 127 VCA / 12-24 VCD 2 Amp
- 4 diodos 1N4001
- 1 Capacitor
- 1 Resistencia
- 2 Leds
- 2 botones NA
- 2 switches ON-OFF-ON, 3 polos, 2 tiros
- 2 switches NC
- 1 tablilla soldable
- 1 Motoreductor 12VCD
- Cable

Los componentes fueron conectados como se muestra en el diagrama de control siguiente.

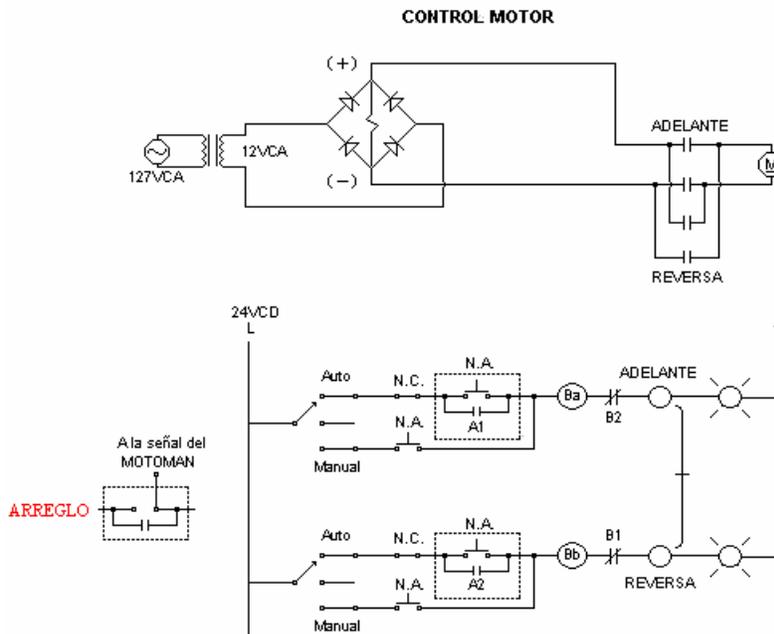


Figura 4.2.2. Diagrama de Control para Motor

Se utilizaron 2 switches ON-OFF-ON, uno para el modo manual o automático del motor en el sentido horario y otro switch para el modo manual o automático del motor en el sentido inverso. Hay que recalcar que el sistema debe de funcionar en modo manual o automático, no combinados ya que ello provocaría el mal funcionamiento éste.

A continuación se describe el funcionamiento de los 2 modos en los que se puede utilizar el circuito mencionado.

Modo automático

- Apertura de la válvula

Se entregan 24 VCD por 1 segundo aproximadamente simulando un botón de arranque NA (ARREGLO que se observa en la figura 4.2.2) proporcionados por el control del MOTOMAN directamente hacia el relevador 1, el cual nos proporcionará el movimiento del motor hacia el sentido horario (apertura de válvula). Estos 24 VCD hacen que la bobina del relevador se accione y con ello enclave el contacto auxiliar (NA) provocando con esto el libre flujo de la corriente hasta que el botón de paro sea presionado (NC), el cual está instalado en uno de los extremos de la válvula de encendido (ver figura 4.2.7). Al permanecer enclavada la bobina permitirá que los contactos conectados a los 12 VCD proporcionados por el transformador de 12 VCD utilizados para el funcionamiento del motor, tengan el libre flujo y con esto nos proporcionen el movimiento del motor y a su vez que el led indicador encienda. Como se puede apreciar el contacto NC del relevador 2 esta conectado al primer ciclo, esto con la finalidad de que no entren los 2 relevadores al mismo tiempo y con ello no se produzca ningún corto en el sistema, actuando como protección.

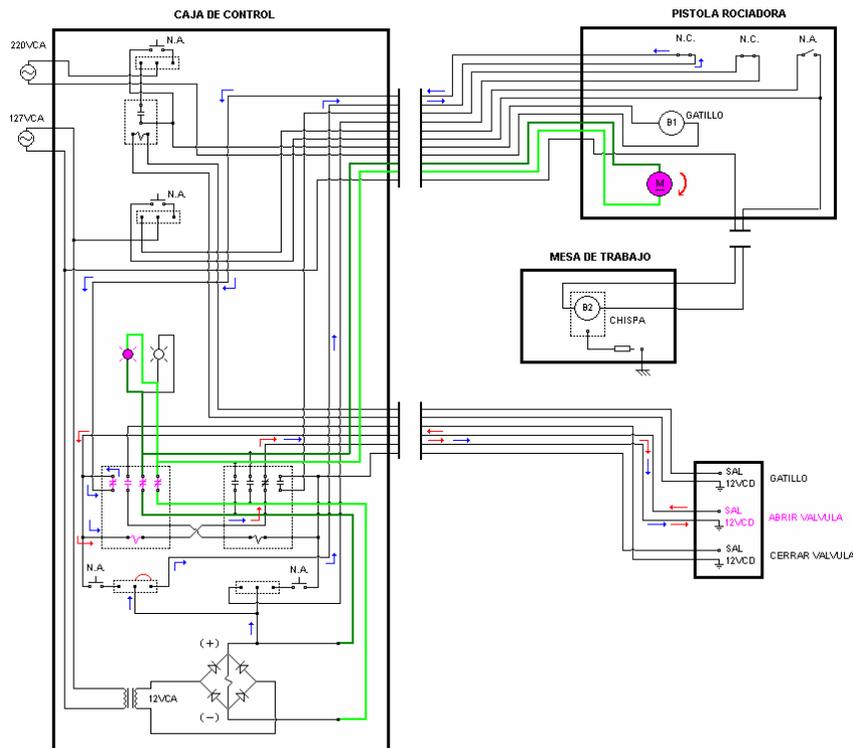


Figura 4.2.3. Diagrama de Apertura de Válvula Automático

- *Cierre de válvula*

Para el cierre de la válvula es utilizado el relevador 2 con el mismo proceso que el explicado anteriormente, solo que en éste en sus contactos se tiene invertida la polaridad en la conexión del motor, para que con ello éste se mueva en sentido anti horario.

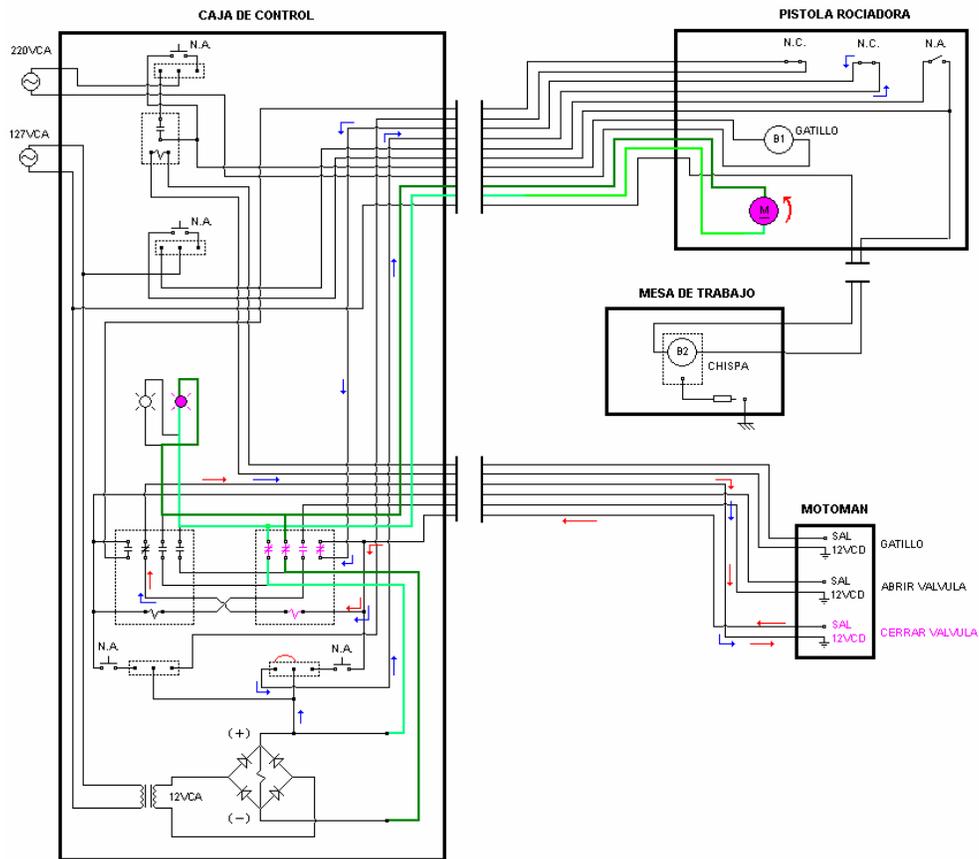


Figura 4.2.4. Diagrama de Cierre de Válvula Automático

Modo Manual

- *Apertura de válvula*

Se utilizó un puente que comprende desde los 24VCD del transformador del motor hasta el contacto auxiliar NC del Relevador 2. Entre ellos se conecto un botón NA para poder proporcionar los pulsos que se utilizaran para el cierre de la bobina del relevador 1 y con ello hacer girar al motor en sentido horario para la apertura de la válvula.

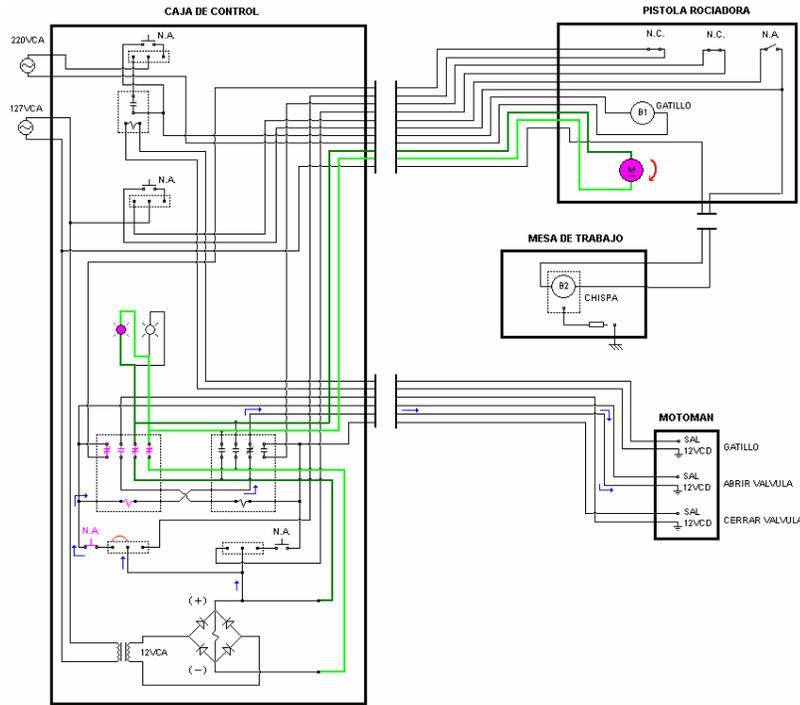


Figura 4.2.5. Diagrama Apertura de Válvula Manual

- *Cierre de válvula*

Es el mismo arreglo para el cierre de la válvula, solo que en el relevador 2 se invierte la polaridad de sus contactos para el movimiento del motor en sentido antihorario.

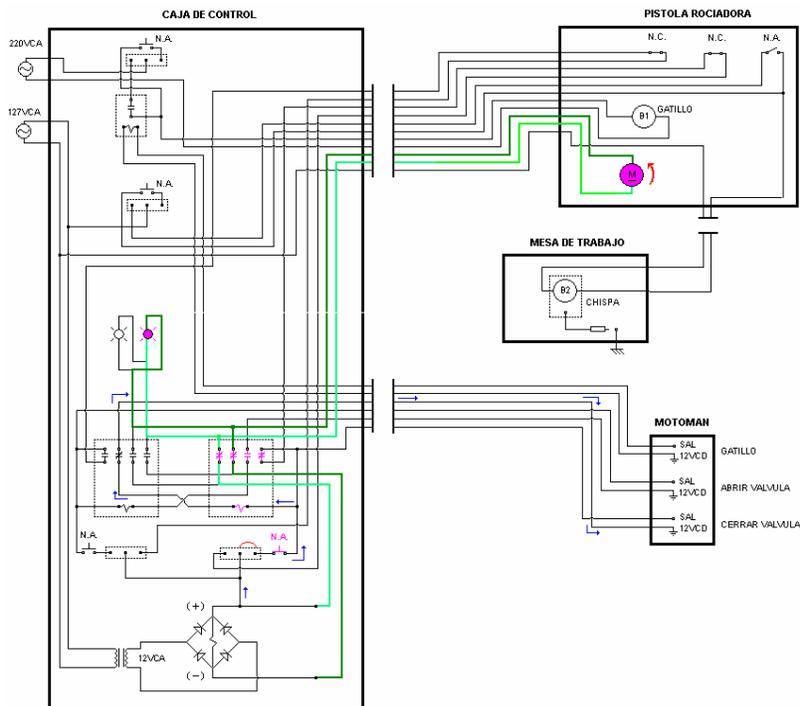


Figura 4.2.6. Diagrama Cierre de Válvula Manual

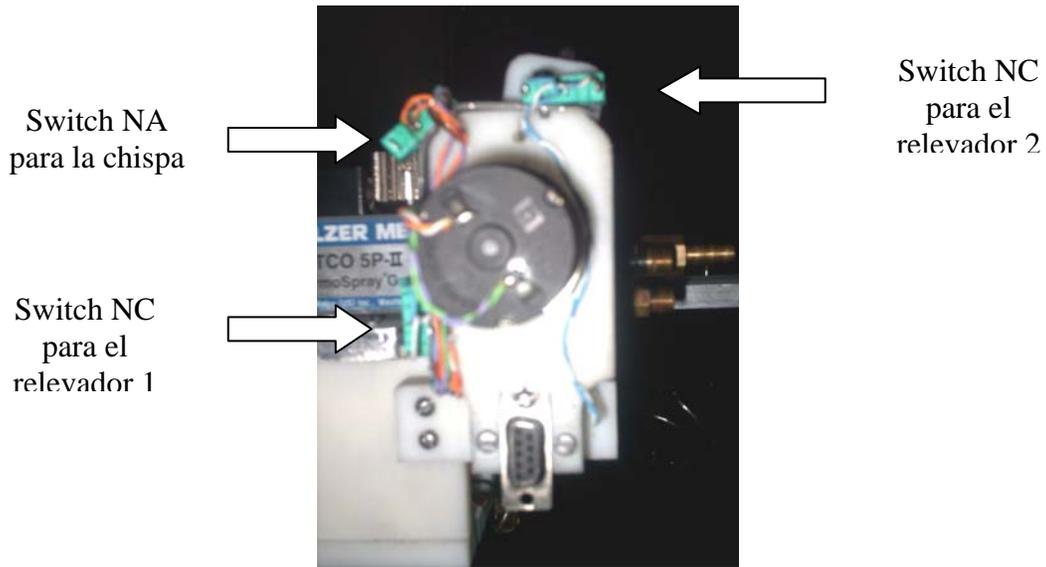


Figura 4.2.7. Acoplamiento del motoreductor a la carcasa de automatización

Es importante hacer mención que para el accionamiento de los switches se utilizaron placas curvas, esto con el propósito de que no se trabaran a la ida o al regreso del brazo accionador de la válvula de gas y con ello evitar el mal funcionamiento de la automatización.

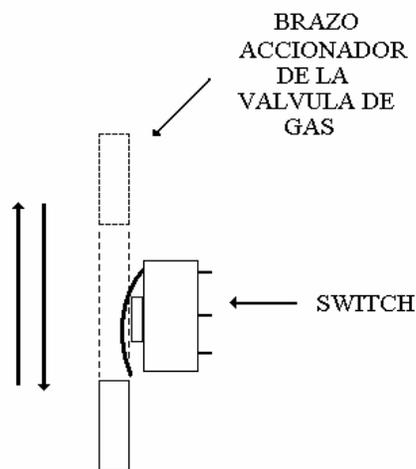


Figura 4.2.8. Accionamiento de switch

- SISTEMA DE ACCIONAMIENTO DEL GATILLO

Este sistema fue pensado para su utilización de modo manual y automático por medio de un switch ON-OFF-ON, como en el caso del accionamiento del motor.

Material utilizado.

- 1 Armadura de hierro de tipo contactor tamaño 0
- 1 bobina 220V
- 1 relevador 24 VCD 1 polo 1 tiro tipo NA
- 1 botón NA
- 1 switch ON-OFF-ON
- Cable

A continuación se observa el diagrama que se utilizó para lograr el accionamiento de la bobina de disparo.

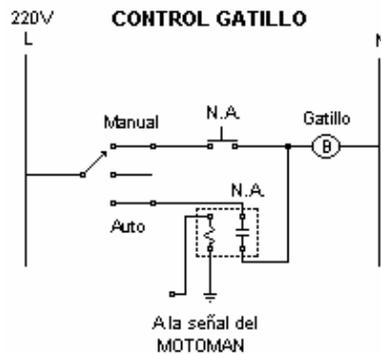


Figura 4.2.9. Diagrama Control de Gatillo

El sistema funciona de la siguiente forma.

Modo Automático

Se conecta el relevador al control del MOTOMAN de tal modo que al proporcionar 24 VCD de éste al relevador, éste se accione y permita que su contacto NA se cierre. Uno de los extremos del contacto NA es conectado a 220VCA que es el voltaje que necesita la bobina para poder accionarse. Una entrada de la bobina se conecta al extremo sobrante del contacto NA del relevador y la otra entrada de la bobina se conecta a 220V para cerrar con ello el circuito.

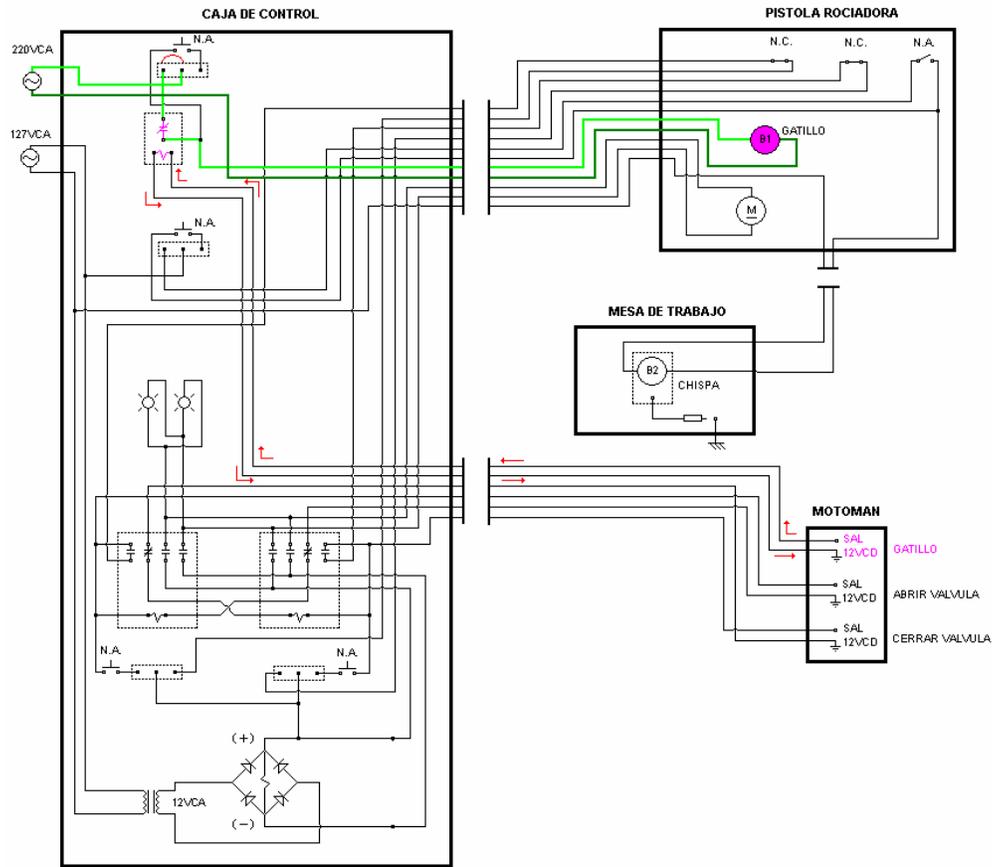


Figura 4.2.10. Diagrama Apertura de Gatillo Automático

Modo Manual

Se conecta un extremo del botón NA a 220V y el otro extremo se conecta a una entrada de la bobina de disparo cerrando con esto el circuito al conectar 220V a la entrada sobrante de la bobina.

Fue necesario colocar un cableado con un calibre mayor que el normalmente utilizado en las conexiones anteriores debido a que el voltaje a utilizar es mayor y con ello nos permita el funcionamiento óptimo del sistema.

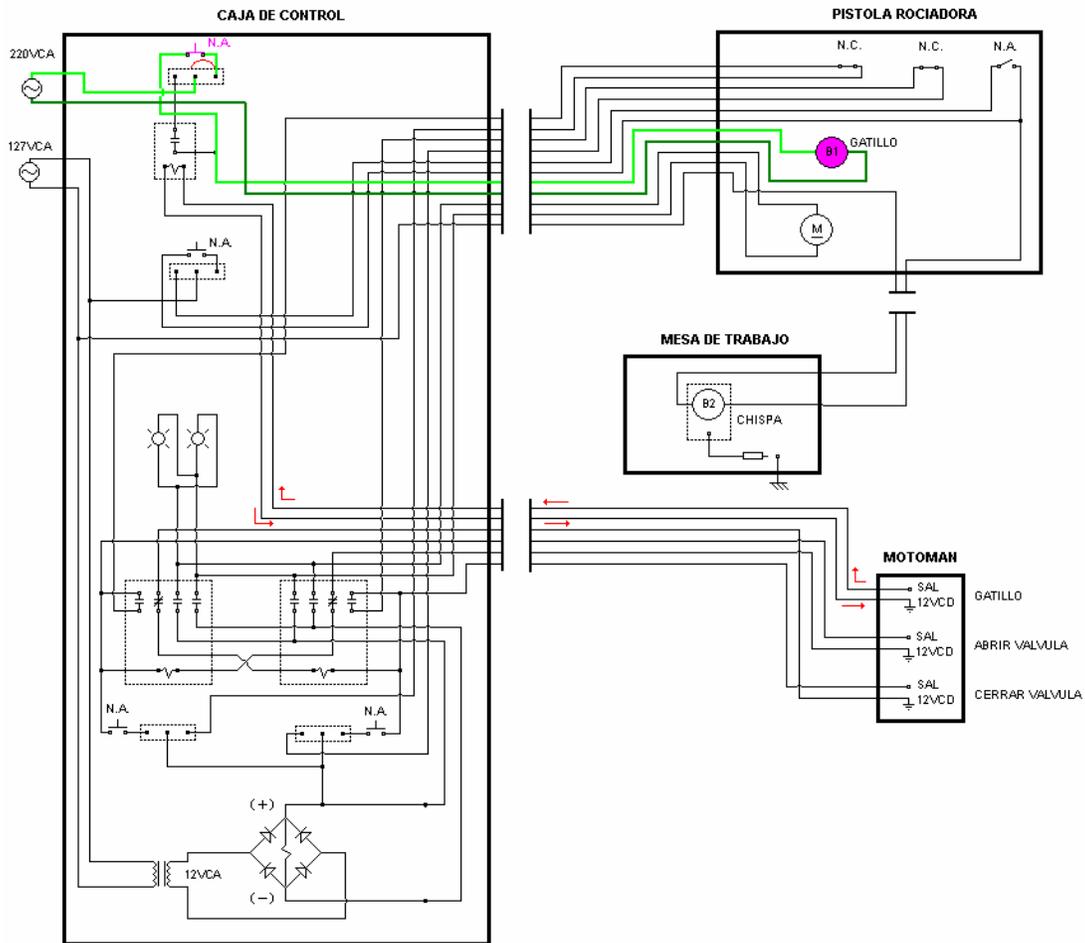


Figura 4.2.11. Diagrama Apertura de Gatillo Manual

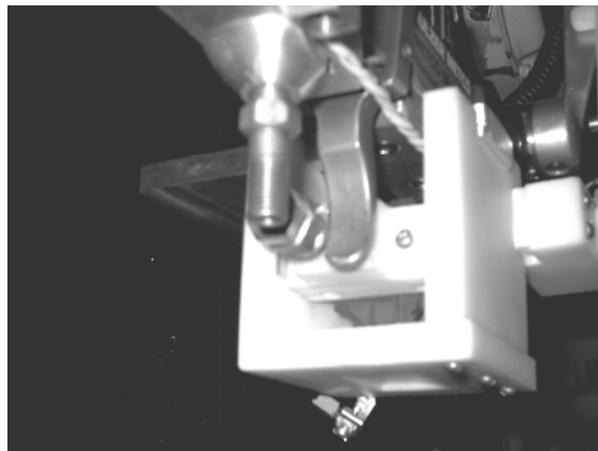


Figura 4.2.12. Acoplamiento de la Bobina de Disparo

- SISTEMA DE ENCENDIDO DEL COMBUSTIBLE

En este sistema se utilizó la bobina productora de la chispa que generalmente vemos instaladas en las estufas domésticas de encendido electrónico, en donde el electrodo es colocado en la mesa de trabajo y al cual se dirigirá a la boquilla de la pistola para el encendido del gas.

Material utilizado.

- 1 kit de encendido electrónico
- 1 electrodo
- 1 botón NA
- 1 switch NA
- 1 switch ON-OFF-ON
- Cable

A continuación se muestra el diagrama para el accionamiento de este sistema.

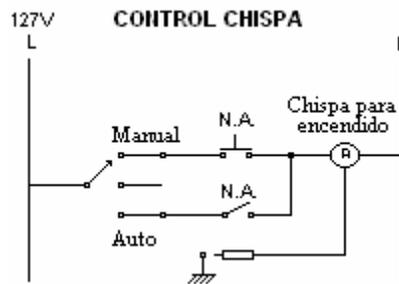


Figura 4.2.13. Diagrama Control de Chispa

Como se puede observar en el diagrama de alambrado, se acopló un switch ON-OFF-ON que hará la transición de modo manual o automático. Estos procesos se describen a continuación.

Modo Automático

Se instaló un switch NA a la carcasa de automatización de la pistola (ver figura 4.2.7) de tal forma que en el transcurso del sistema de apertura de la válvula éste se accione y permita el paso de 127VCA hacia el transformador que proporcionará la chispa, cerrando con ello el circuito y creando a su vez la chispa por medio de un electrodo colocado en la mesa de trabajo.

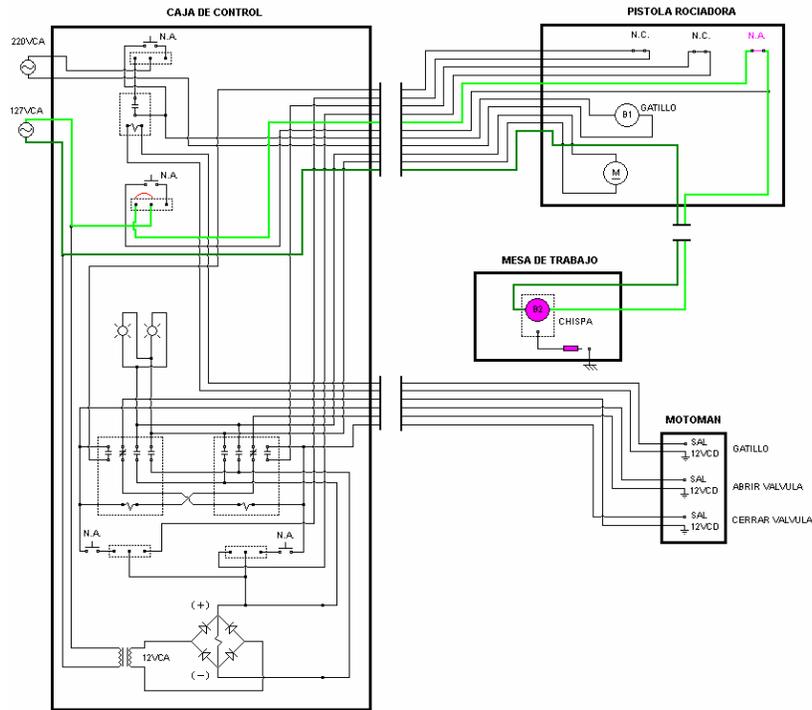


Figura 4.2.14. Diagrama Activación de Chispa Automático

Modo Manual

Se colocó un botón NA que suplirá al switch NA colocado en la carcasa de automatización de la pistola y con ello el sistema realizará las mismas funciones que en modo automático solo que por medio del botón NA que cerrará el circuito.

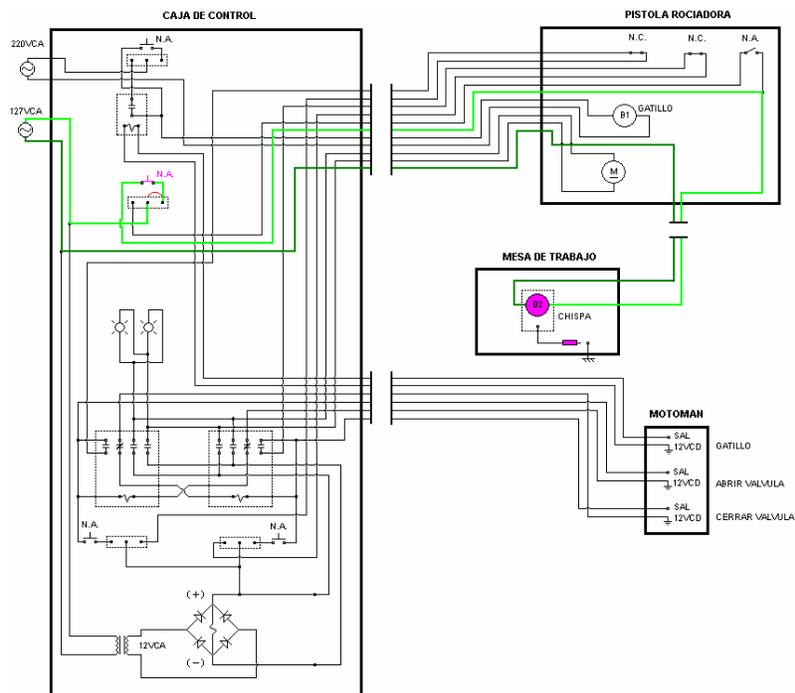


Figura 4.2.15. Diagrama Activación de Chispa Manual

El circuito en conjunto se colocó dentro de una caja con arreglos por medio de la cual se realizará el proceso de control de cada uno de los componentes para la automatización. Esta caja se recomienda sea colocada al lado del sistema de control del MOTOMAN. Para su realización se utilizó el siguiente material.

- 1 Caja 30x25x10cm
- 1 Conector DB9 Macho
- 1 Conector DB9 Hembra
- 1 Conector DB25 Macho
- 1 Conector DB25 Hembra
- Cable multiconductor
- Cable bipolar (para 220V)



Figura 4.2.16. Caja de Control

La siguiente figura nos muestra cómo se encuentran colocados los botones y los switches de la caja de control.

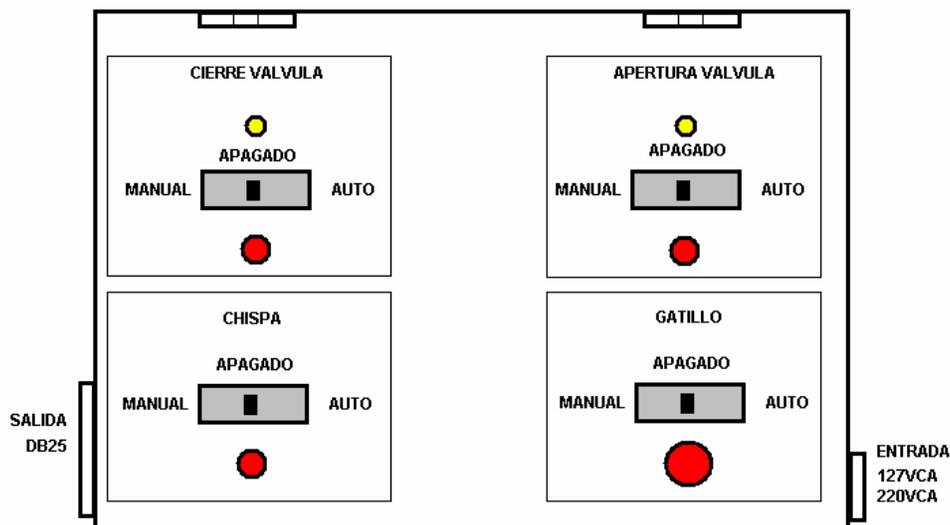


Figura 4.2.17. Mandos de la Caja de Control

Como se puede mostrar en la figura siguiente todos los componentes se distribuirán de la siguiente forma.

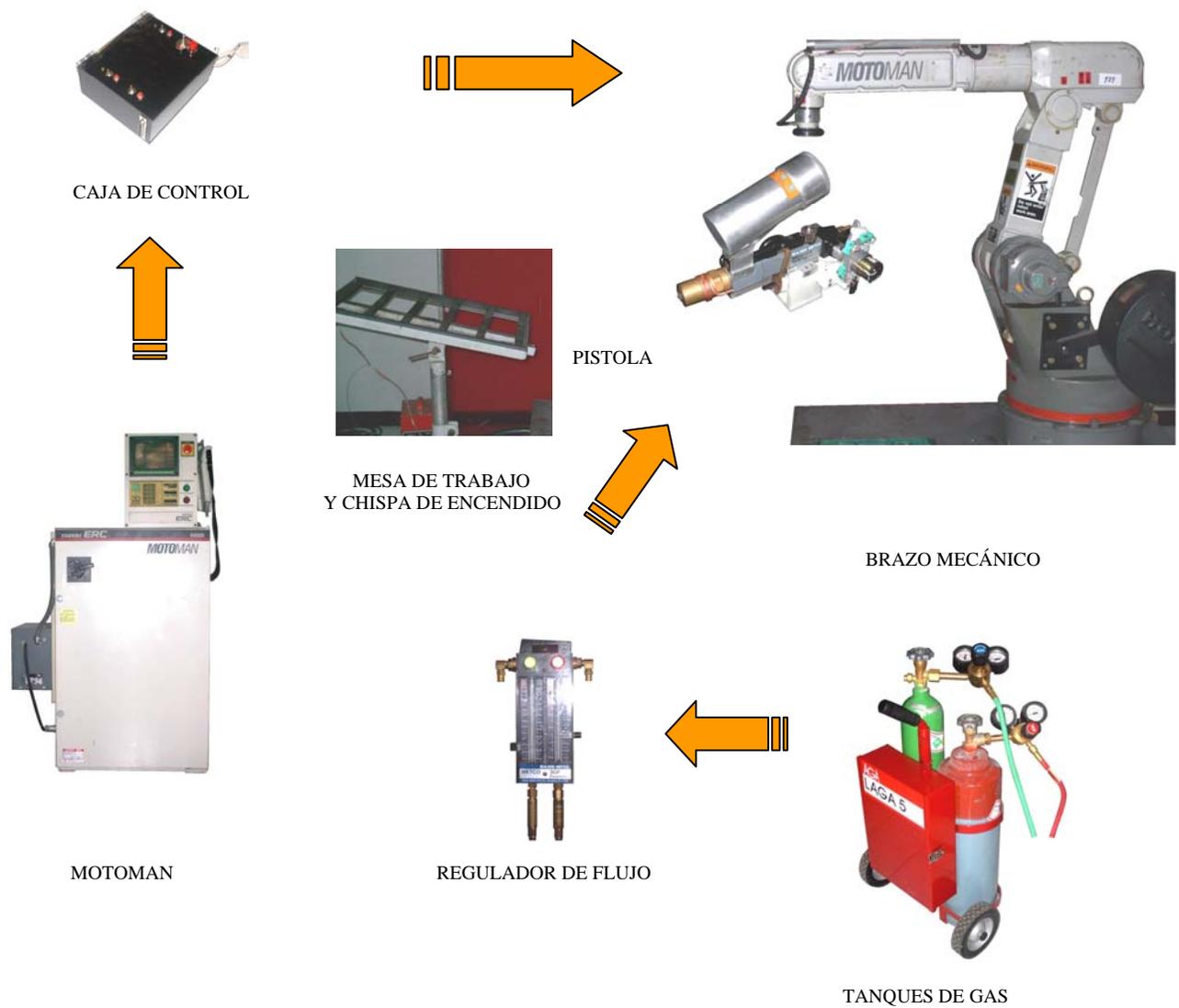


Figura 4.2.18. Conexiones Necesarias para la Automatización

• CÁLCULO DE TORQUE DEL MOTOR

Era importante saber la cantidad de torque necesario para el accionamiento de la válvula de apertura y cierre de gas de la pistola rociadora. De una forma arcaica pero práctica se colocó una palanca con un pivote en el eje de apertura de la válvula de gas (ver figura 4.2.19). Esta palanca fue balanceada previamente para evitar al máximo el margen de error para el cálculo buscado. Se colocó en uno de los extremos de ésta un hilo y al final de éste se fue depositando peso hasta que la válvula se abrió.

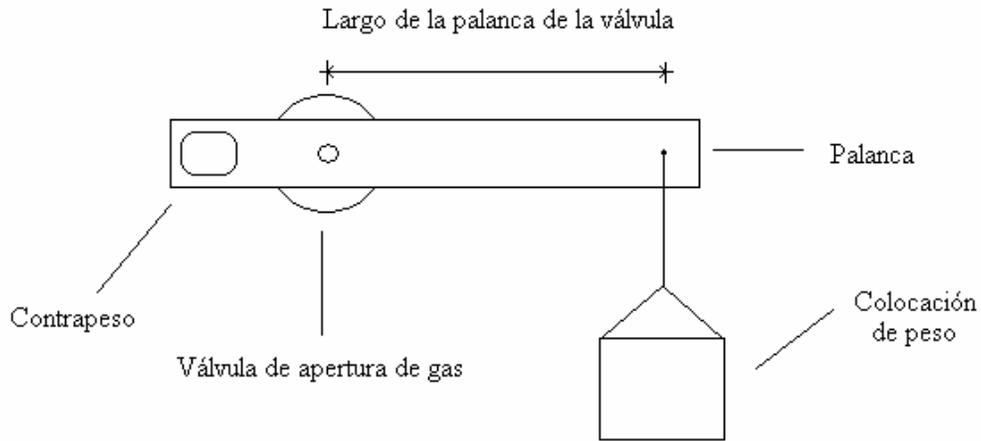


Figura 4.2.19. Palanca para Cálculo de Torque

Por medio del siguiente cálculo se logró obtener el par de fuerza inicial mínimo para lograr la apertura de la válvula dado en gr/cm y con ello poder seleccionar el motor que más se acoplara a nuestras necesidades.

$$\text{Fuerza de torque inicial} = \text{Peso (gr)} * \text{Largo (cm)}$$

$$\text{Fuerza de torque inicial} = 1,500 \text{ gr} * 6 \text{ cm}$$

$$\text{Fuerza de torque inicial} = 9,000 \text{ gr / cm}$$

Teniendo este dato se optó por seleccionar un motor de DC tipo reductor con las siguientes características.

Cat.	Voltaje Max (VDC)	Rango de voltaje (VDC)	Eficiencia máxima				Relación de engranaje
			Corriente (mA)	Velocidad (RPM)	Toque al arranque (gr*cm)	Torque nominal (gr*cm)	
GHI2-1632T	12	4.5 – 12	275	57	11000	2200	100:1



Figura 4.2.20. Motoreductor DC

• FUNCIONES ALTERNATIVAS

En todo proceso es necesario un sistema de protección para evitar accidentes e incidentes. En este proyecto no fue acoplado un sistema de protección, pero de manera alternativa se puede colocar esto mediante el arreglo de la figura 4.2.21.

Material a utilizar.

- 1 botón tipo hongo c/cierre mecánico girar para soltar
- 1 block de contactos auxiliares con 2NA-2NC
- 1 lámpara indicadora
- Cableado

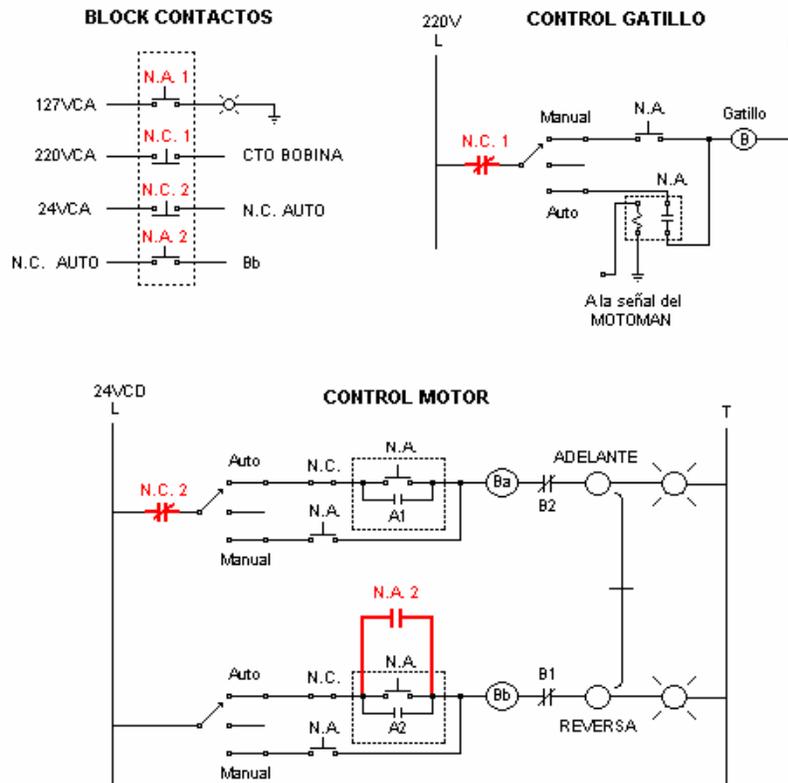


Figura 4.2.21. Diagrama de Paro de Emergencia

Como se puede observar con este arreglo se provoca el corte de los 220V para desactivar la bobina de disparo del gatillo, se fuerza al motor a regresar a su posición original para el cierre total de la válvula de apertura del gas sin que esta pueda abrirse de nuevo y a su vez se encienda la luz de paro de emergencia. Cabe recalcar que este sistema sólo se puede utilizar cuando el sistema se encuentra en modo automático. Debido a que se está utilizando un botón que queda enclavado, éste puede reestablecerse en el momento en que se repare la falla y poder continuar con el proceso de trabajo.

A continuación se muestran algunas imágenes del diseño acoplado al brazo mecánico.



Figura 4.2.22. Vistas de acoplamiento laterales y superior

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se observarán los resultados obtenidos en las pruebas que se realizaron sobre las probetas en el momento de la proyección, así mismo se revisará el comportamiento de cada uno de los componentes y el estado final de cada prueba para analizar las características de los recubrimientos depositados.

Las probetas se prepararon en un primer término bajo la aplicación de un proceso de granallado que nos otorgó la rugosidad requerida para poder tener un anclaje óptimo del material aplicado sobre la pieza de trabajo. Se cuidó que no se contaminara de ciertas sustancias, que no existiera óxido, grasas, etc., entre otros factores que nos pudieran alterar el anclaje del recubrimiento.

En un segundo término se puede mencionar que se generaron dos programas (ver apéndice A y B del programa del robot) para la realización de la proyección en el módulo de control del brazo mecánico (MOTOMAN) y se obtuvieron los siguientes resultados, tomando en cuenta que se realizaron 3 probetas por cada programa.

- PROGRAMA 1

La característica primordial de este trabajo es que el barrido de la proyección que se realizó sobre las probetas fue de izquierda a derecha y viceversa en cuatro niveles de colocación. Se pudo observar que en una primera probeta se encontraron zonas con falta de proyección y en otras con exceso, lo que llevó a la corrección del programa en la velocidad de barrido de proyección, así como de colocación de la pistola rociadora para la descarga de material. Ver Figura 5.1.

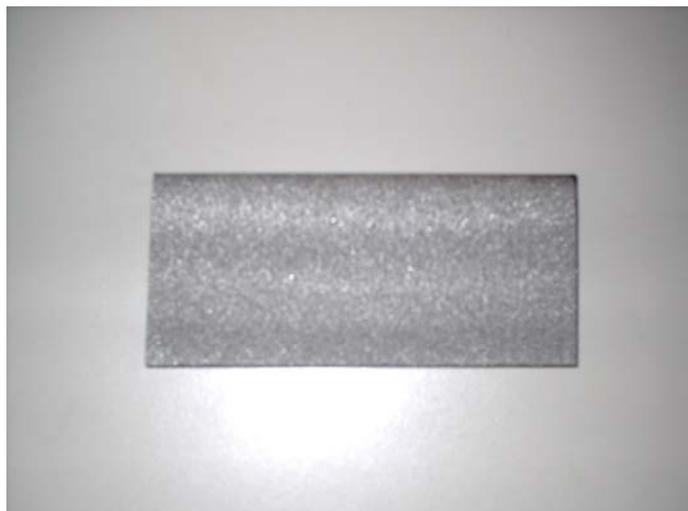


Figura 5.1. Probeta 1.

Una vez corregidos los pasos y trayectorias para la deposición y haber agregado más material se encontró que la proyección en las otras dos probetas existió un cambio considerable y visible en los recubrimientos. Se obtuvo una mejor colocación de partículas de material depositante tanto en la totalidad de la superficie como en el espesor de la capa de material agregado. Ver Figuras 5.2.

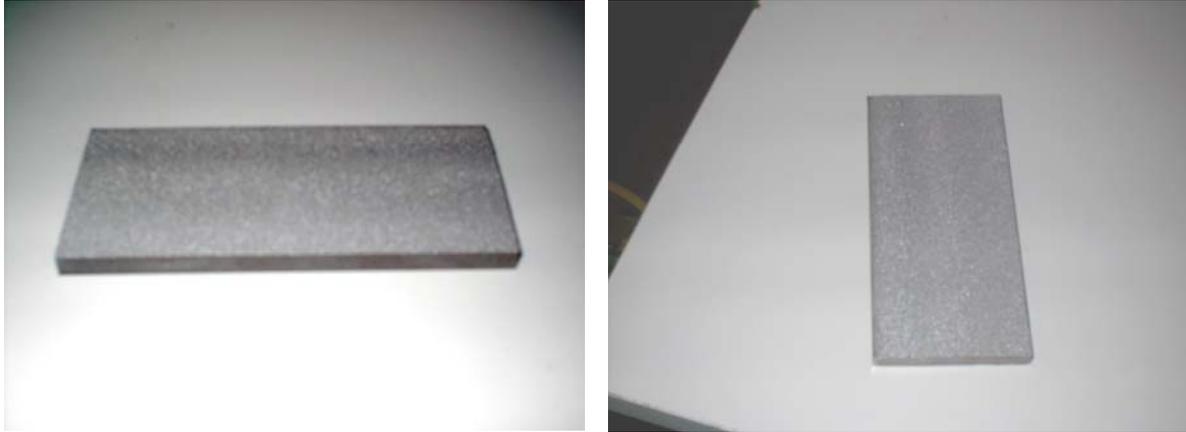


Figura 5.2. Probetas 2 y 3.

- PROGRAMA 2

En este programa cabe destacar el tipo de barrido que se genera para la proyección del material que es diferente al anterior, en este caso los pasos a seguir para la deposición de material se genera en el orden de arriba hacia abajo y viceversa con seis series de movimiento vertical para cubrir el área total de la probeta. En este prueba se denoto que el barrido era de una manera mas uniforme, pero que al igual que el programa anterior se encontraron zonas de bajo nivel de calidad, lo que conlleva a la corrección del programa para su mejoramiento en prueba. Ver Figura 5.3.



Figura 5.3. Probeta 1.

Ya finalizadas las correcciones hechas al programa se realizaron las pruebas concernientes al proceso, encontrando que efectivamente hubo una mejora notable pero que aún así se encontró falta de material en ciertas zonas (básicamente en el cambio de línea de proyección) del recubrimiento, lo cual nos indica que este tipo de barrido no es muy conveniente ya que aunque es mucho más sencillo de generar, nos provoca ciertas deficiencias que en un plano de calidad simplemente no se aprobarían. Ver Figuras 5.4

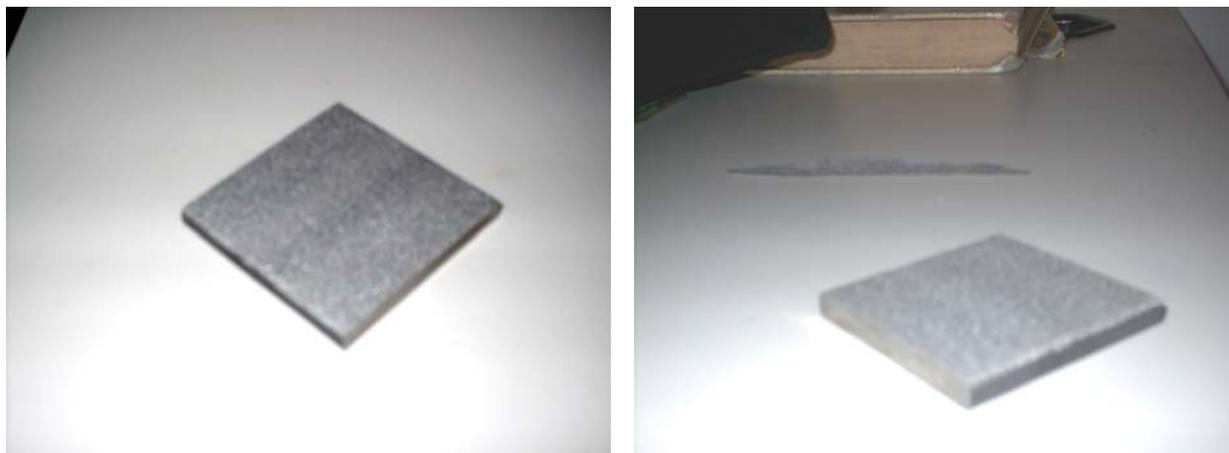


Figura 5.4. Probetas 2 y 3.

Una vez que se terminaron las pruebas de los dos programas se compararon las probetas y se pudo determinar que el programa 1 es el más adecuado en la aplicación de material de aporte dentro de un proceso de proyección térmica, ya que nos entrega una mejor calidad de proyección en un menor tiempo de ejecución, con lo que obtenemos un ahorro considerable de combustibles, material de aporte, energía eléctrica y sobre todo un menor desgaste en las piezas de trabajo de la pistola rociadora y del brazo mecánico, es decir, un mejor aprovechamiento de los recursos y una menor intervención de mantenimiento a los equipos, lo que nos indica un proceso más eficaz.

5.1 RESULTADOS DEL EQUIPO DE AUTOMATIAZACIÓN

El equipo de automatización del proceso se comportó de una manera inestable al principio debido a que existieron algunas conexiones mal colocadas y en algunos casos falso contacto, mala calibración de switches, entre otros. Sin embargo se lograron detectar los errores y se corrigieron sin problemas. Se reanudaron las pruebas demostrando con ello que ya no existía ninguna falla durante ni al final del banco de pruebas realizado. Todas las piezas se encontraron en óptimas condiciones y sin problemas de desgaste o deformación, problema que se temía debido a las altas temperaturas que se manejan en la proyección.

Se efectuó un desmembramiento del equipo para realizar un estudio minucioso de cada una de las piezas para cotejar tanto las medidas de diseño como la apariencia física, logrando con ello verificar el estado final. Se obtuvo que no hubo modificación alguna y por lo tanto se determina que las piezas pueden estar libres de programas de mantenimiento correctivo continuo, únicamente se recomienda realizar verificaciones periódicas para así no tener pérdidas tanto económicas por la detención del proceso, como mermas en los equipos por accidentes ocasionados por la ruptura de una pieza en cuestión.

El brazo mecánico se comportó de una manera excelente ya que se le llevó hasta sus límites de peso y trabajo presentando ningún percance, lo que nos indica que se cubrió el cometido que era el de no sobre pasar el límite de gramaje de trabajo en la muñeca del brazo mecánico, ya que era la que indicaría si el peso que se tenía en el ensamblado del equipo era el correcto o estaba sobrado.

Es válida la mención de que el proceso es uno de los más antiguos y que en ocasiones se puede llegar a considerar obsoleto, pero dentro de todo esto es el único que nos entrega una gama amplísima de combinaciones de polvos metálicos para recubrimientos, lo que nos da una generación de múltiples características en los materiales de aporte.

5.2 APLICACIÓN A FUTURO

Se puede considerar que éste proyecto da pie al surgimiento de nuevas aplicaciones del proceso y gracias a la automatización se pueden controlar parámetros que son de suma importancia para la acentuación en ciertos casos específicos como son:

- Hidroxiapatita que se utiliza para los injertos en huesos, esto ayudara a que se obtenga un recubrimiento específico y controlado.
- Aleaciones de zinc para aplicaciones de anticorrosión, esto para la utilización de equipo que se encuentra en altos niveles de corrosión en su atmósfera de trabajo.

- Aleaciones de cerámicos para resistencia al desgaste, aplicado básicamente en aquellas piezas que su trabajo está expuesto a la fricción y aunque se tenga un lubricante aplicado en las piezas en fricción, aún así se llegan a dañar o desgastar en alguna de sus partes.
- Debido a la gran cantidad de salinidad y de humedad existente en la industria hotelera, en las casas, fábricas de más construidas sobre las playas, la utilización de gabinetes de control para distribución eléctrica, telefónica y para otras aplicaciones sin importar el tipo de protección NEMA, se ven afectados debido a la corrosión. Para ello se pueden utilizar distintos recubrimientos como puede ser con distintos cerámicos para una protección máxima. Y no solo en gabinetes, también se pueden aplicar recubrimientos para lanchas, barcos y otros transportes marinos.

Existe un sin fin de opciones que se pueden acceder a la aplicación de este proceso ya que por el carácter de aplicación que tiene no presenta muchas dificultades para su uso en diferentes áreas de trabajo.

CONCLUSIONES

Gracias a las constantes pruebas realizadas durante el proceso de rociado térmico, se tuvieron que realizar distintas modificaciones al diseño inicial para corregir errores. Dentro de las consideraciones más importantes que se deben de tomar en cuenta para la automatización del proceso de proyección térmica se pueden resumir en la calibración de las piezas acopladas a la pistola (calibración de switches de la chispa y del motor, distancias del actuador del gatillo hacia el gatillo, cambio de la entrada para el brazo accionador de la válvula de gas para un nuevo motor, nueva colocación de la chispa de encendido, entre otras), la modificación en el diseño del circuito de control (torque no suficiente para la válvula de apertura y cierre de gas creando con ello un nuevo circuito para el control de un nuevo motor, mala colocación de cableado, trabado de funciones) y el nuevo diseño de piezas de acoplamiento (modificación del soporte para el nuevo motor, nuevo diseño para el actuador del gatillo). Estos errores y calibraciones fueron corregidas inmediatamente y sin problemas y con ello se logró dar pauta al buen funcionamiento de todo el proceso de automatizado.

Se crearon distintos recubrimientos de forma automatizada. Los primeros fueron de mala calidad debido a que los tiempos dados al control a veces no eran los adecuados, debido a que las placas no estaban preparadas correctamente (provocado por suciedad y mal granallado generalmente), al igual que una proyección no pareja, motivo por el cual se crearon programas de control por medio del MOTOMAN con una mejor estructuración dando con ello una mayor precisión. Estos resultados finales se compararon con placas con recubrimiento creadas en un principio, llegando a la conclusión de que los recubrimientos iniciales tenían algunas imperfecciones como niveles de proyección mas alto en algunos lugares que en otros, es decir, una proyección no pareja y por consiguiente de mala calidad. Éstos últimos recubrimientos presentaron texturas casi perfectas con una proyección pareja y una correcta aleación, es decir, el material quedo perfectamente adherido a las piezas de trabajo, cumpliendo con ello los objetivos planteados desde un principio.

En la actualidad existen distintos tipos de rociado como se explicó anteriormente y aunque el utilizado en este proyecto es uno de los procesos de más bajo costo, de menor calidad debido a que los recubrimientos se realizan de forma manual, esto provoca que se limiten sus aplicaciones debido a la baja calidad del resultado final. Sin embargo, gracias al proyecto de automatización del proceso de proyección térmica realizado, se dio pauta a una gama mas amplia en cuanto a aplicaciones se refiere debido a una mayor calidad en los resultados obtenidos en las superficie de las piezas recubiertas, reeditando con ello una mejora a la resistencia a la corrosión, al desgaste, entre otras propiedades.

La Industria ha sufrido cambios drásticos en nuestros días y al parecer se dirige a la utilización de productos desechables, cosa que repercute en los bolsillos del consumidor, ya que son de menor duración. Sin embargo, gracias a este tipo de sistemas de automatización es posible rehabilitar estos productos desechables que algunas veces son de mala calidad o simplemente se gastan debido a su uso. Y no solo productos desechables son los que se pueden rehabilitar, si no toda una gama de piezas críticas que son importantes y que no pueden conseguirse tan fácilmente.

Como punto final se puede concluir que el proyecto de automatización realizado da como resultado una gran ventaja para la industria ya que se logra sustituir la mano del hombre provocando con ello una reducción de costos de producción y mantenimiento, la minimización de accidentes, el ahorro económico al disminuir el material desperdiciado, la eliminación de la fatiga del hombre y por consiguiente el simple beneficio al consumidor.

José Manuel González Loera.

Se puede concluir primeramente que en el área mecánica de la automatización se realizaron relativamente pocos ajustes y cambios de diseño lo cual nos indica que la idea inicial se llevo a un 75% de desarrollo efectivo, aunque en un principio se tubo que rediseñar el soporte del motor y el actuador del accionador del gatillo debido a las condiciones que se presentaron durante la fabricación de las mismas piezas.

El rediseño del soporte del motor se dio debido a que en un principio se había contemplado un motor a pasos del tipo que se utiliza en la industria de las impresoras, lamentablemente este no nos otorgó el torque deseado para la activación de la válvula de apertura y cierre del gas combustible, lo que ocasionó que se tuviera que reemplazar a dicho motor por otro de tipo reductor de menor dimensión pero de mayor torque, este último es mas sencillo en su funcionamiento eléctrico pero el arreglo que tiene de engranes lo hace muy potente y capaz de mover piezas pesadas o rígidas según sea el caso con mucha facilidad, lo que nos benefició enormemente.

En el actuador se tubo que modificar el gancho que accionaba al gatillo ya que en un principio teníamos una especie de garfio que sostenía al gatillo para su actuación, esto no dio resultado ya que la altura diseñada no fue la correcta y el gatillo presento variaciones a la hora de ejecutar su accionamiento, por tal motivo se tubo que retirar esa terminación y colocar un barreno el cual se la introdujo un tornillo con una laminilla que es graduada con una contratuerca, lo cual nos da la libre elección de la altura deseada para la efectiva adecuación del gatillo y así poder lograr una mejor proyección de material debido a una buena apertura del gatillo durante el proceso.

En la parte del control se realizaron pocas modificaciones, básicamente fueron puros ajustes en los swiches y cambios en mal cableado para la detención del brazo de accionamiento de la válvula del gas, lo cual nos mostró que fue un diseño bien planeado, en cuanto a la chispa se modificó su estancia original ya que el sistema que se había planteado en un principio se vio afectado por la temperatura que se maneja en la punta de la pistola y se tubo que retirar de esa posición y colocarlo en la mesa de trabajo para que en conjunto con el recorrido del programa se accionara y obtuviéramos la chispa de encendido. Esta última decisión fue muy acertada ya que nos entrega un eficaz trabajo y el encendido es perfecto.

En cuanto al brazo mecánico se plantearon desde un principio varias reglas que no podían ser modificadas dentro de las cuales existía una de suma importancia que era la de no exceder el peso en el diseño debido a que en la extensión total del brazo podríamos tener una oscilación y llegar a la falla del equipo lo que conllevaría a muchos accidentes. Se logró el cometido y el equipo ya cargado en su totalidad con polvo de proyección no rebasó el punto crítico de peso que nos indica el brazo mecánico el cual era de 7 kg. una vez extendido totalmente.

La automatización traerá como consecuencia la mejora de las propiedades de los recubrimientos tales como: reducción de porosidad; lo que nos entrega un alto índice de mejora en la resistencia a la corrosión, un mejor acabado superficial; lo que quiere decir que ya no será necesario que la pieza sometida al proceso tenga que pasar a un segundo

proceso de refinamiento en su superficie en alguna máquina rectificadora lo que conlleva a una economía en el proceso.

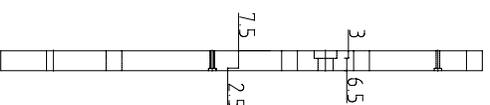
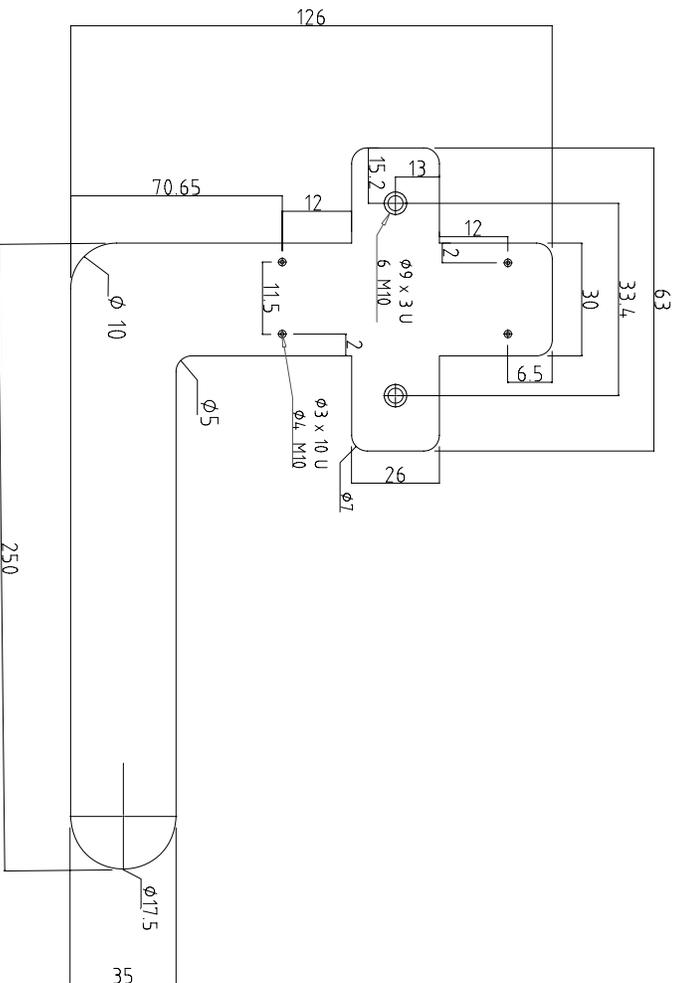
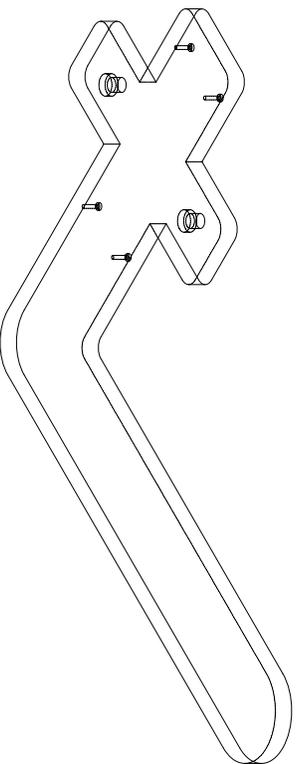
Se realizaron varias proyecciones con el equipo ya automatizado, en un principio se encontraron que había mas defectos que en la forma manual pero se realizaron los arreglos pertinente a los programas y nos entregó un acabado mas uniforme de una calidad mucho mayor que la de la mano humana en un tiempo mas corto. En un principio al realizar la proyección de forma manual se pudo ver que se entregaba una fijación de material bastante defectuosa con demasiadas aglomeraciones en ciertas zonas y en otras falta de material. Una ves que se automatizó el proceso se encontró que se puede obtener un espesor en toda la superficie de la probeta de 0.5 mm. sin falta de material y con un acabado mas uniforme y de mejor calidad, lo que nos indica que efectivamente se estaba logrando con el cometido que era el de agilizar el proceso y la obtención de productos con calidad. Esto nos demuestra que se pueden lograr revestimientos de mayor precisión en piezas que así lo requieran y darle un espesor uniforme y de mayor exactitud. Esto en la industria refleja que se puede tener un amplio espectro de vida de una pieza ya que se le pueden hacer desde modificaciones en la dureza o cierta característica de la superficie como el de reacondicionarla para darle un mayor tiempo de vida útil y así disminuir los costos de mantenimiento en cuanto a reemplazo de piezas.

Luis Antonio Gómez Cortés.

BIBLIOGRAFÍA

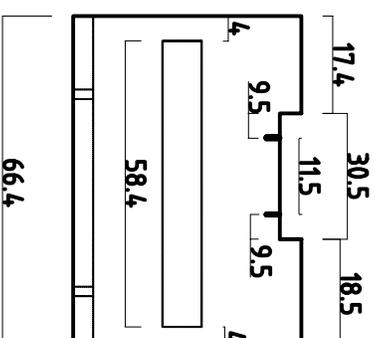
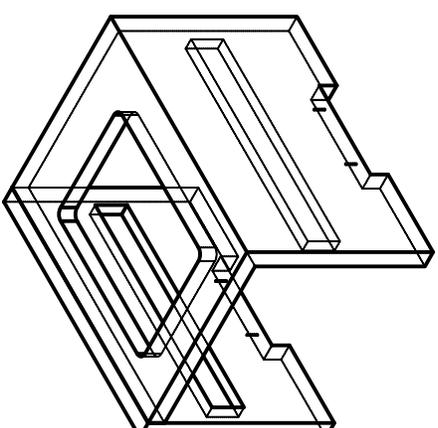
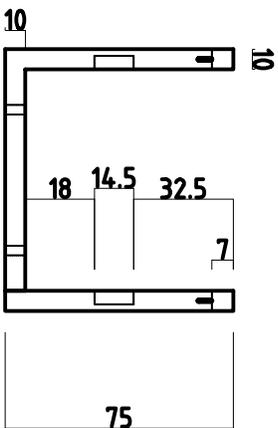
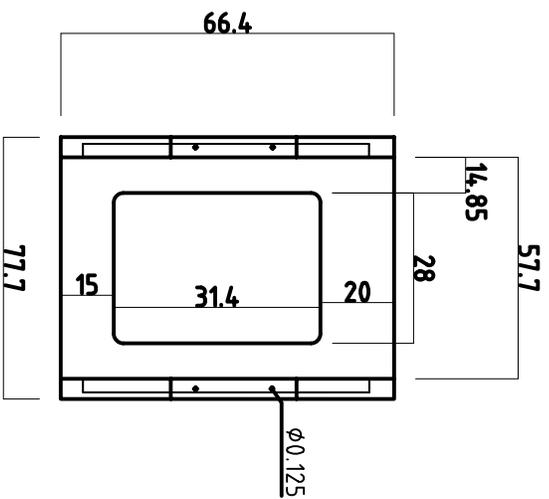
1. Metal clusters in catalysis. Iguczi and H Knozinger. Ed. BC Gates. 1935
2. Introducción a la metalurgia física. II edición. Sydney H. Avnner. 1979 Mc Graw Hill.
3. La tecnología en el trabajo de los metales. Richard L. Little. 1980 Mc Graw Hill.
4. Total desing. Pugh Stuart.
5. Procesos y materiales de manufactura para ingeniería. Lawrece E. Doyle. 1988 Prentice – Hall Hispanoamericana S.A.
6. Metodología del diseño industrial. Francisco Aguayo González, Víctor M Soltero S. 2003 Alfaomega Ra-ma.
7. <http://inasmet.es>
8. www.tycoelectronics.com
9. <http://sulzer.com>
10. Manual de entrenamiento para el operador capítulo I y II. Equipo brazo mecánico (MOTOMAN).
11. Boletín SIN 0188-7297, Publicación Técnica No. 202, Sanfandila Qro, 2002, Sector Comunicaciones y Transportes.

ANEXOS

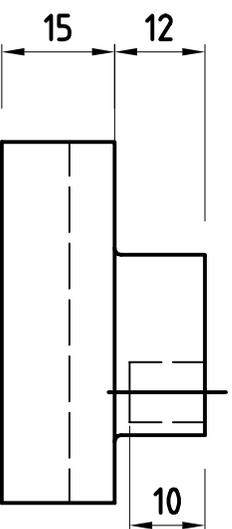
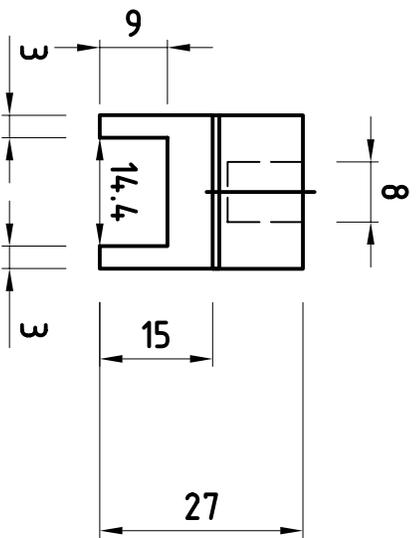
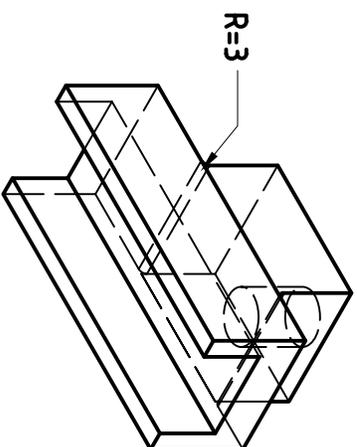
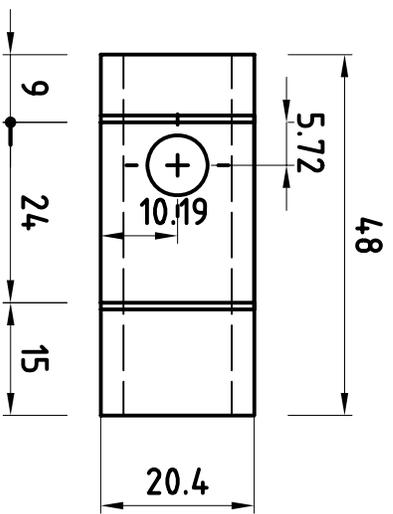


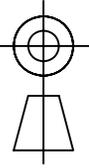
UNAM		AUTOMATIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA	
FES ARAGON		SOPORTE DE LA PISTOLA ROCIADORA	
AUTORIZO:			
ELABORO: LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA		No. PLANO: 1	
ESC: 1:1		ACOT.: mm	MAT.: ALUMINIO

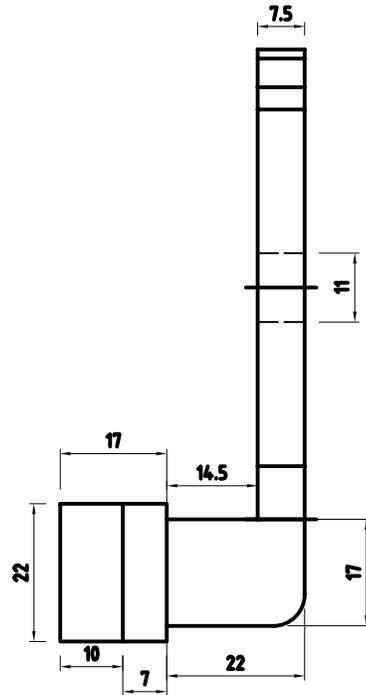
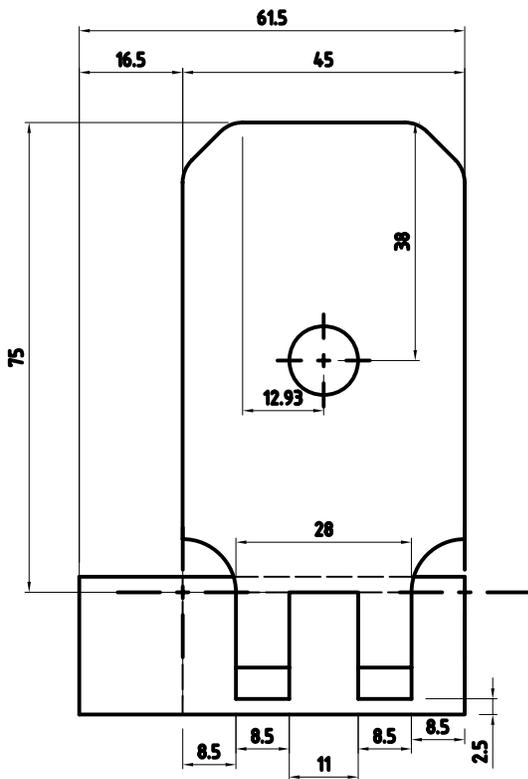
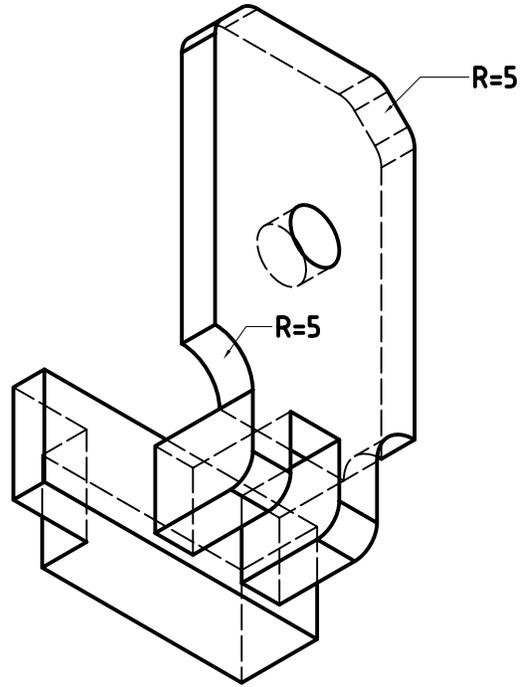
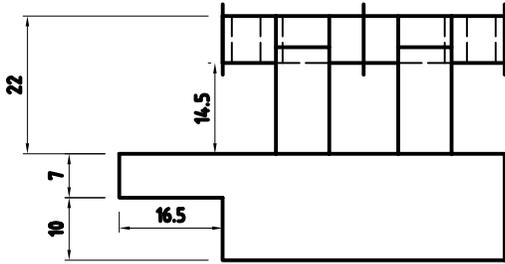


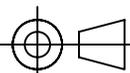


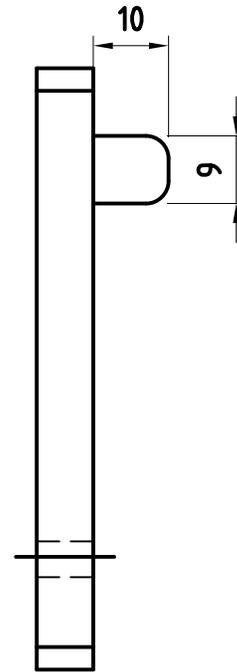
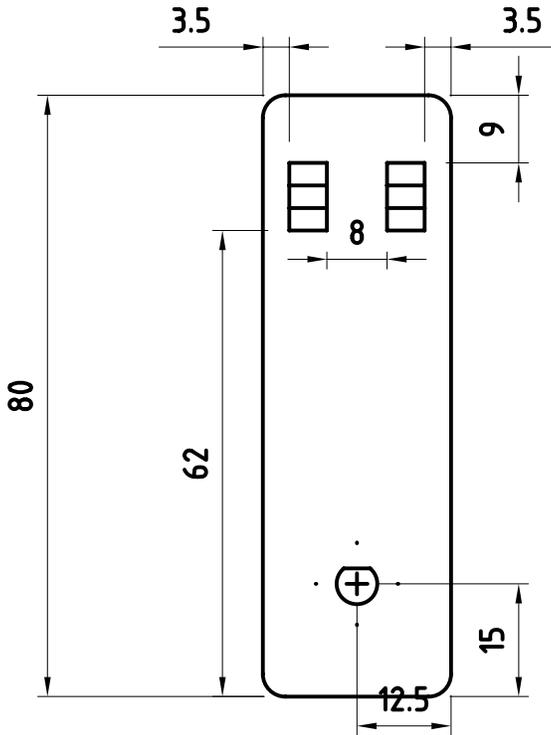
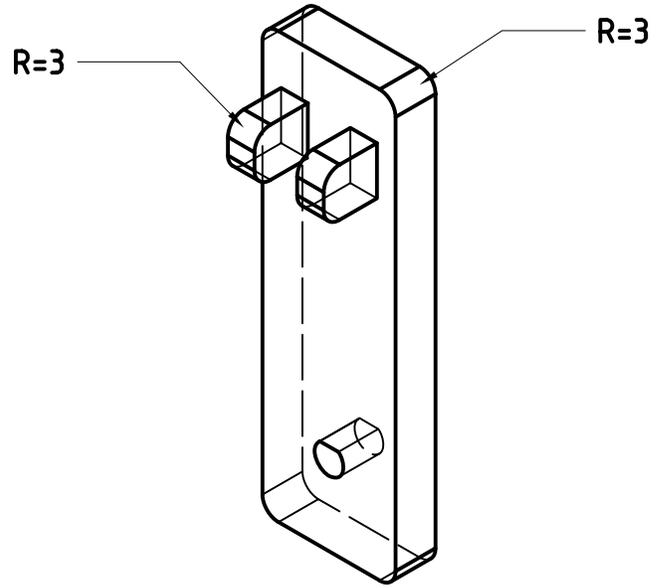
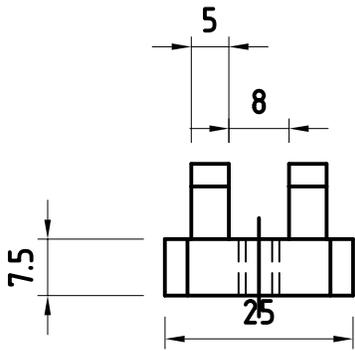
UNAM	AUTOMATIZACIÓN Y CARATERIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA			
FES ARAGON	CARCAZA DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN			
AUTORIZO:	ELABORO: LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA			
	ESC: 1:1	ACOT.: mm	MATERIAL: ABS	No. PLANO: 2



UNAM		AUTOMATIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA	
FES ARAGON		ACTUADOR DE GATILLO	
AUTORIZO:			
		ELABORO: LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA	
ESC: 1:1	ACOT.: mm	MATERIAL: ABS	No. PLANO: 3



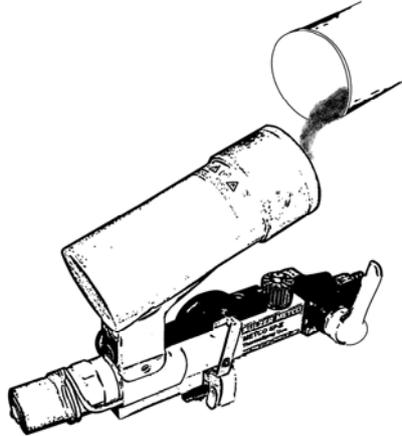
UNAM	AUTOMATIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA			
FES ARAGON	SOPORTE DEL MOTOR ACCIONADOR DE LA VÁLVULA DE GAS			
AUTORIZO:				
	ELABORO: LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA			
	ESC: 1:1	ACOT.: mm	MATERIAL: ABS	No. PLANO: 4



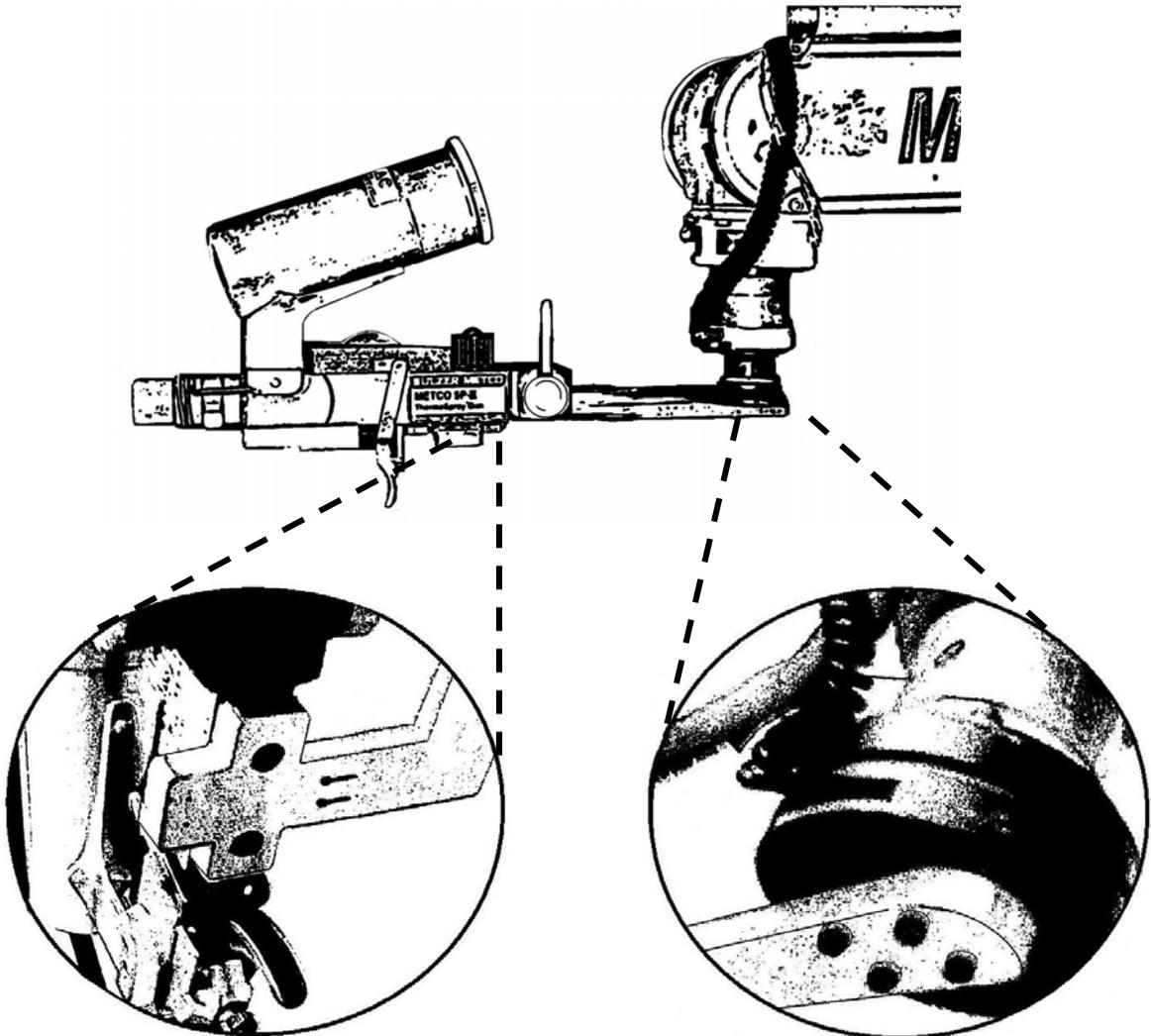
UNAM	AUTOMATIZACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE PROYECCIÓN TÉRMICA		
FES ARAGON	BRAZO ACCIONADOR DE LA VÁLVULA DE GAS		
AUTORIZO:			
	ELABORO: LUIS ANTONIO GÓMEZ CORTÉS, JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ LOERA		
	ESC: 1:1	ACOT.: mm	MATERIAL: ABS

MANUAL DEL PROCESO DE AUTOMATIZACIÓN

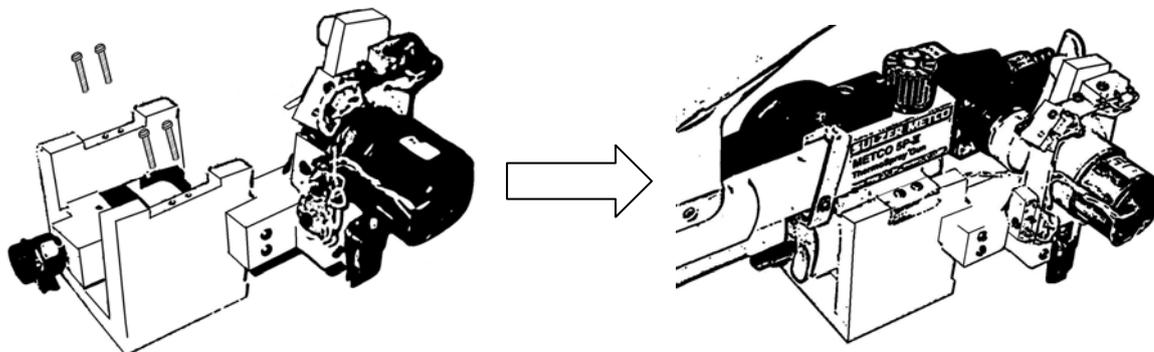
1. Colocar el material de rociado en el compartimiento de la pistola rociadora.



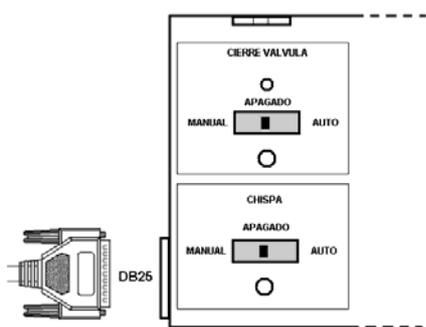
2. Montar la pistola al brazo mecánico por medio del soporte de la pistola rociadora, colocando los tornillos como se observa el la figura.



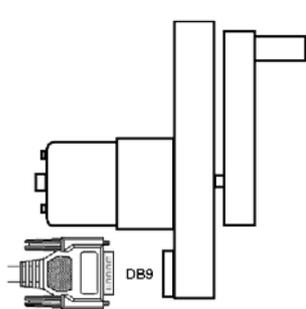
3. Montar la carcasa del sistema de automatización a la pistola rociadora por medio de los cuatro orificios colocados en la parte superior de la carcasa, teniendo la válvula de apertura de gas cerrada.



4. Conectar la entrada DB25 a la caja de control colocada encima del MOTOMAN

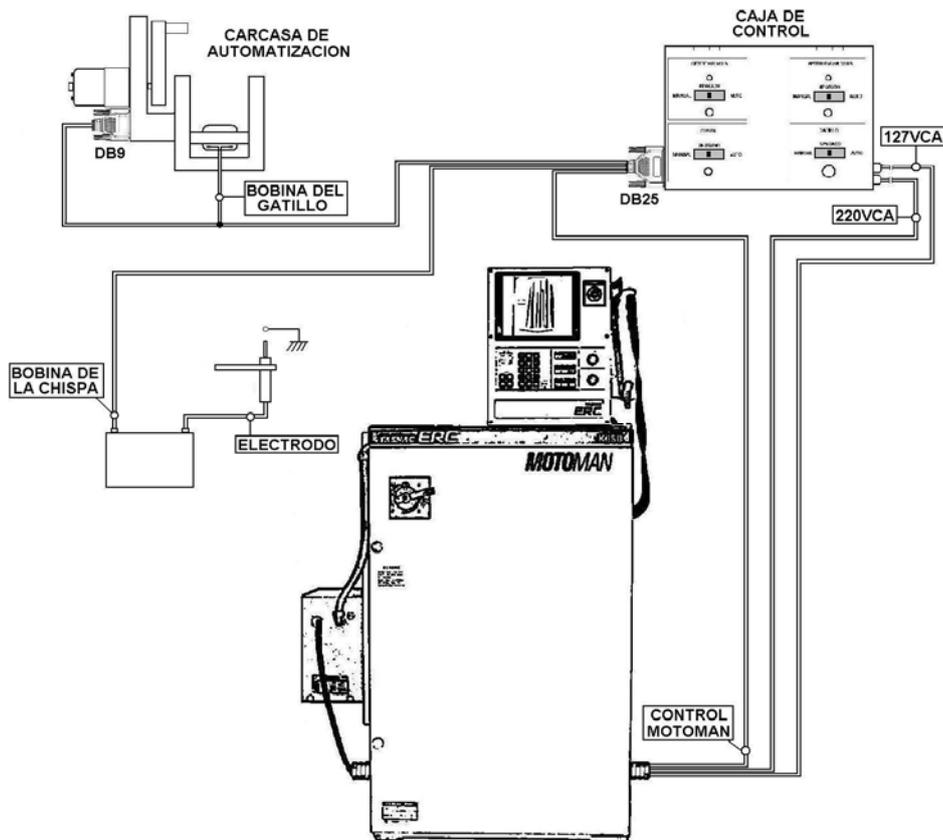


5. Conectar la entrada DB9 a la carcasa de automatización de la pistola rociadora.



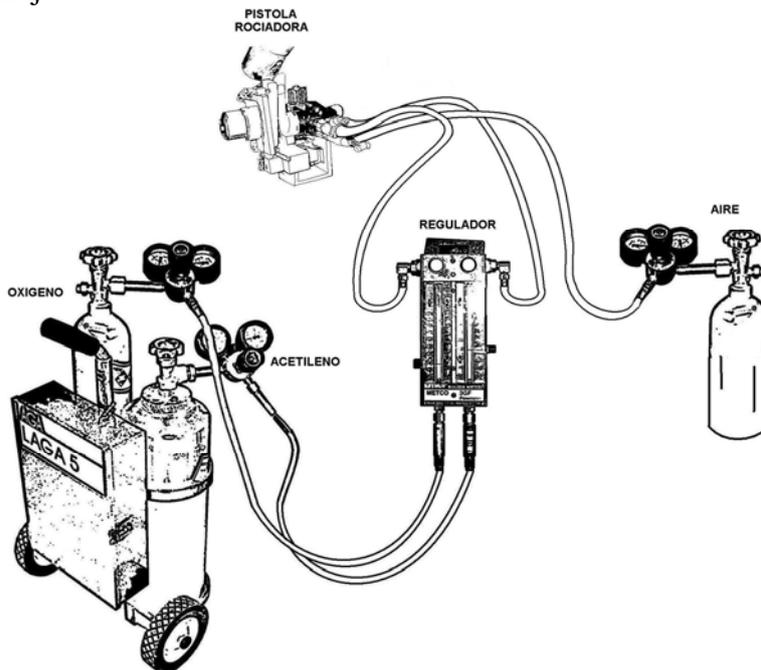
6. Conectar las conexiones marcadas como “Bobina de la chispa” a la bobina de la chispa.
7. Conectar las conexiones marcadas como “Control Motoman” al MOTOMAN.

8. Conectar las conexiones marcadas como “Bobina del gatillo” a la carcasa de automatización.

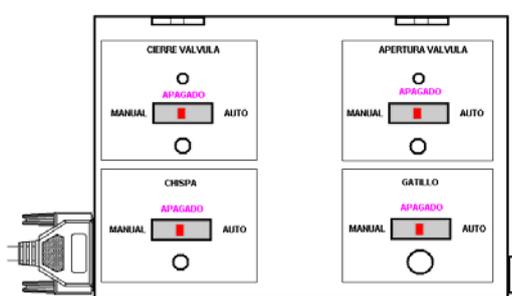


9. Conectar las mangueras a la pistola rociadora, los cuales proporcionaran los gases para el proceso.

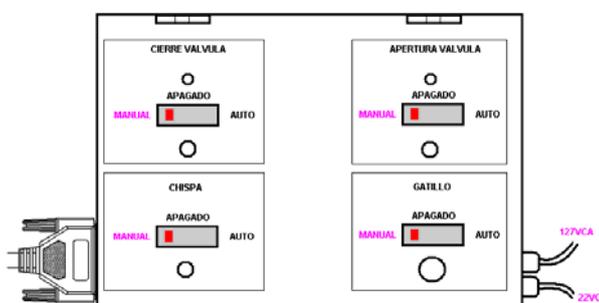
10. Conectar las mangueras a los tanques de gas, así como al regulador de flujo.



11. Conectar la caja de control al suministro eléctrico no sin antes observar que los switches se encuentren en posición APAGADO.



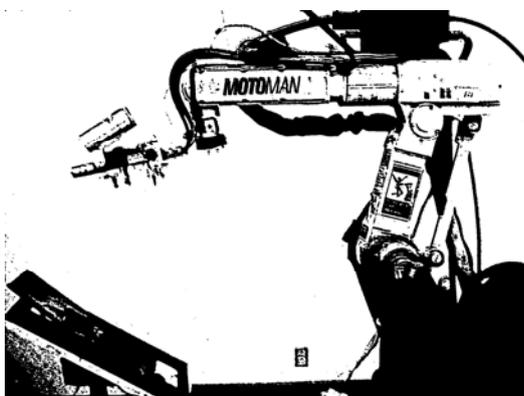
12. Colocar en posición MANUAL los switches de la caja de control.



13. Realizar pruebas de apertura y cierre de gas, encendido de chispa y encendido de gatillo con la ayuda de la caja de control. En caso de existir el mal funcionamiento revisar las conexiones.

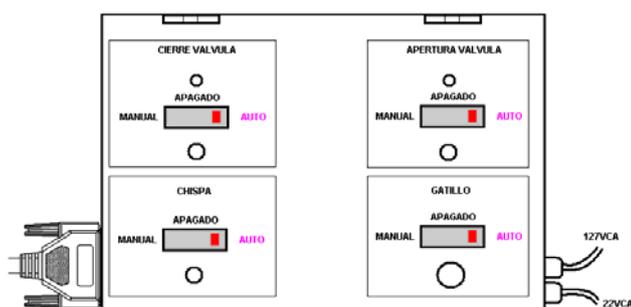
14. Colocar la mesa de trabajo en el lugar indicado.

15. Encender el MOTOMAN colocando el brazo mecánico en su posición original.



16. Abrir el tanque de aire comprimido con una presión de salida de 2 a 3 bar.

17. Abrir el tanque de acetileno a 0.5 bar en el manómetro de salida.
18. Abrir el tanque de oxígeno a 2 bar en el manómetro de salida.
19. Observar si existe alguna fuga de gas, en caso de existir alguna, revisar las conexiones.
20. Colocar los switches de la caja de control en posición AUTO.



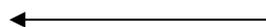
21. Seleccionar el programa necesario para la aplicación deseada.
22. Correr el programa que se requiera por medio del MOTOMAN.
23. Finalizado el proceso, colocar en posición APAGADO los switches de la caja de control.
24. Colocar el MOTOMAN en posición APAGADO.
25. Cerrar el tanque de oxígeno.
26. Cerrar el tanque de gas.
27. Colocar en posición MANUAL la caja de control.
28. Abrir la válvula de gas para permitir la salida de gas rezagado en la pistola por medio del botón apertura de gas.
29. Cerrar el tanque de aire comprimido.
30. Colocar en posición APAGADO la caja de control.
31. Desconectar las mangueras y toda conexión.
32. Desmontar la carcasa del sistema de automatización.
33. Desmontar la pistola rociadora junto con el soporte de ésta.

A continuación se muestra los programas elaborados bajo los comandos del lenguaje del centro de control del brazo mecánico (MOTOMAN).

Programa 1: PROYECCIÓN A

1. MOVJ VJ=25
2. MOVJ VJ=25
3. MOVJ VJ=25
4. MOVJ VJ=25
5. MOVJ VJ=25
6. MOVJ VJ=25
7. MOVJ VJ=6.20
8. MOVJ VJ=3.07
9. OUTD (1)1 ACTIVAR APERTURA DEL GAS*
10. TIMER DE 0.5 SEG*
11. OUTD (0)1
12. OUTD (1)4 ACTIVAR CHISPA*
13. MOVJ VJ=1.54
14. MOVJ VJ=12.47
15. OUTD (0)4 DESACTIVAR CHISPA*
16. MOVJ VJ=12.47
17. TIMER DE 2 SEGUNDOS*
18. MOVJ VJ=3.07
19. OUTD (1)3 ACTIVAR GATILLO*
20. MOVJ VJ=0.74
21. MOVJ VJ=0.74
22. MOVJ VJ=0.74
23. MOVJ VJ=0.74
24. MOVJ VJ=0.74
25. MOVJ VJ=0.74
26. MOVJ VJ=0.74
27. MOVJ VJ=0.74
28. MOVJ VJ=0.74
29. MOVJ VJ=0.74
30. MOVJ VJ=0.74
31. MOVJ VJ=0.74
32. MOVJ VJ=0.74
33. MOVJ VJ=0.74
34. MOVJ VJ=0.74
35. MOVJ VJ=0.74
36. MOVJ VJ=0.74
37. MOVJ VJ=0.74
38. MOVJ VJ=0.74
39. MOVJ VJ=0.74
40. MOVJ VJ=0.74
41. MOVJ VJ=0.74
42. MOVJ VJ=0.74
43. MOVJ VJ=0.74
44. MOVJ VJ=0.74
45. MOVJ VJ=0.74

Configuración del barrido
de la proyección.



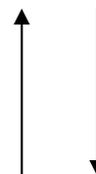
```
46.  MOVJ VJ=0.74
47.  MOVJ VJ=0.74
48.  MOVJ VJ=0.74
49.  MOVJ VJ=0.74
50.  MOVJ VJ=0.74
51.  MOVJ VJ=0.74
52.  MOVJ VJ=0.74
53.  MOVJ VJ=0.74
54.  MOVJ VJ=0.74
55.  MOVJ VJ=0.74
56.  MOVJ VJ=0.74
57.  MOVJ VJ=0.74
58.  MOVJ VJ=0.74
59.  MOVJ VJ=0.74
60.  MOVJ VJ=0.74
61.  TIMER DE 3 SEGUNDOS
62.  OUTD (1)2  ACTIVACIÓN DE CIERRE DE GAS*
63.  TIMER DE 0.5 SEG*
64.  OUTD (0)2
65.  OUTD (0)3  DESACTIVACIÓN DE GATILLO*
66.  MOVJ VJ=12.47
67.  MOVJ VJ=12.47
68.  MOVJ VJ=12.47
69.  MOVJ VJ=12.47
70.  MOVJ VJ=12.47
71.  MOVJ VJ=12.47
72.  MOVJ VJ=12.47
73.  MOVJ VJ=12.47
74.  END
```

Programa 2: PROYECCIÓN B

```
1.  MOVJ VJ=25
2.  MOVJ VJ=25
3.  MOVJ VJ=25
4.  MOVJ VJ=25
5.  MOVJ VJ=25
6.  MOVJ VJ=25
7.  MOVJ VJ=6.20
8.  MOVJ VJ=3.07
9.  OUTD (1)1  ACTIVAR APERTURA DEL GAS*
10. TIMER DE 0.5 SEG*
11. OUTD (0)1
12. ONTD (4)1  ACTIVAR CHISPA*
13. MOVJ VJ=1.54
14. MOVJ VJ=12.47
15. OUTD (4)0  DESACTIVAR CHISPA*
16. MOVJ VJ=12.47
```

17. TIMER DE 2 SEGUNDOS*
18. MOVJ VJ=3.07
19. OUTD (3)1 ACTIVAR GATILLO*
20. MOVJ VJ=0.74
21. MOVJ VJ=0.74
22. MOVJ VJ=0.74
23. MOVJ VJ=0.74
24. MOVJ VJ=0.74
25. MOVJ VJ=0.74
26. MOVJ VJ=0.74
27. MOVJ VJ=0.74
28. MOVJ VJ=0.74
29. MOVJ VJ=0.74
30. MOVJ VJ=0.74
31. MOVJ VJ=0.74
32. MOVJ VJ=0.74
33. MOVJ VJ=0.74
34. MOVJ VJ=0.74
35. MOVJ VJ=0.74
36. MOVJ VJ=0.74
37. MOVJ VJ=0.74
38. MOVJ VJ=0.74
39. MOVJ VJ=0.74
40. MOVJ VJ=0.74
41. MOVJ VJ=0.74
42. MOVJ VJ=0.74
43. MOVJ VJ=0.74
44. MOVJ VJ=0.74
45. MOVJ VJ=0.74
46. MOVJ VJ=0.74
47. MOVJ VJ=0.74
48. MOVJ VJ=0.74
49. MOVJ VJ=0.74
50. MOVJ VJ=0.74
51. MOVJ VJ=0.74
52. MOVJ VJ=0.74
53. MOVJ VJ=0.74
54. MOVJ VJ=0.74
55. MOVJ VJ=0.74
56. MOVJ VJ=0.74
57. MOVJ VJ=0.74
58. MOVJ VJ=0.74
59. MOVJ VJ=0.74
60. MOVJ VJ=0.74
61. TIMER DE 3 SEGUNDOS
62. OUTD (1)2 ACTIVACIÓN DE CIERRE DE GAS*
63. TIMER DE 0.5 SEG*
64. OUTD (0)2
65. OUTD (3)0 DESACTIVACIÓN DE GATILLO*
66. MOVJ VJ=12.47

Configuración del barrido
de la proyección.



- 67. MOVJ VJ=12.47
- 68. MOVJ VJ=12.47
- 69. MOVJ VJ=12.47
- 70. MOVJ VJ=12.47
- 71. MOVJ VJ=12.47
- 72. MOVJ VJ=12.47
- 73. MOVJ VJ=12.47
- 74. END