

CAPITULO 7

DISEÑO DE ENSAMBLE FINAL

Después de haber terminado los pasos iniciales como lo fue el definir la distribución o trazo de la tira troquelada, definir tonelaje requerido, y definir el diseño conceptual, entramos a la etapa del diseño final del troquel.

Con el conocimiento claro de la secuencia de operaciones se llegó al diseño que se muestra en la figura 7.1 en esta figura se aprecia la vista de planta del troquel, como ya se había definido en el diseño de la tira de acero, este troquel contara con 11 estaciones. 8 estaciones de trabajo y 3 estaciones vacías. En la figura 7.2 aparece la vista frontal en elevación, y finalmente la figura 7.3 muestra la vista lateral en elevación. En cada una de las figuras antes mencionadas se indican las características generales del troquel.

Las figuras mencionadas muestran el diseño final de lo que será este troquel, pero de acuerdo al número de estaciones y a las dimensiones del producto, las dimensiones finales del troquel serán de 64" X 26", lo cual hace que sea muy difícil apreciarlo claramente en una vista total completa, de tal manera que para poder explicar claramente el diseño de este troquel se analizará por estaciones, y se explicará los conceptos fundamentales de cada una. No se dará detalles que no sean parte del objetivo de este estudio, que es el de entender la técnica de diseño de troqueles de alta velocidad. Esto es debido a que este estudio será parte del entrenamiento de personal cuya función es el mantenimiento y operación de este tipo de troqueles, esta función implica tener conocimientos técnicos, específicamente en troquelado, y definitivamente, para entender esta técnica deben conocer los aspectos técnicos generales de troquelado.

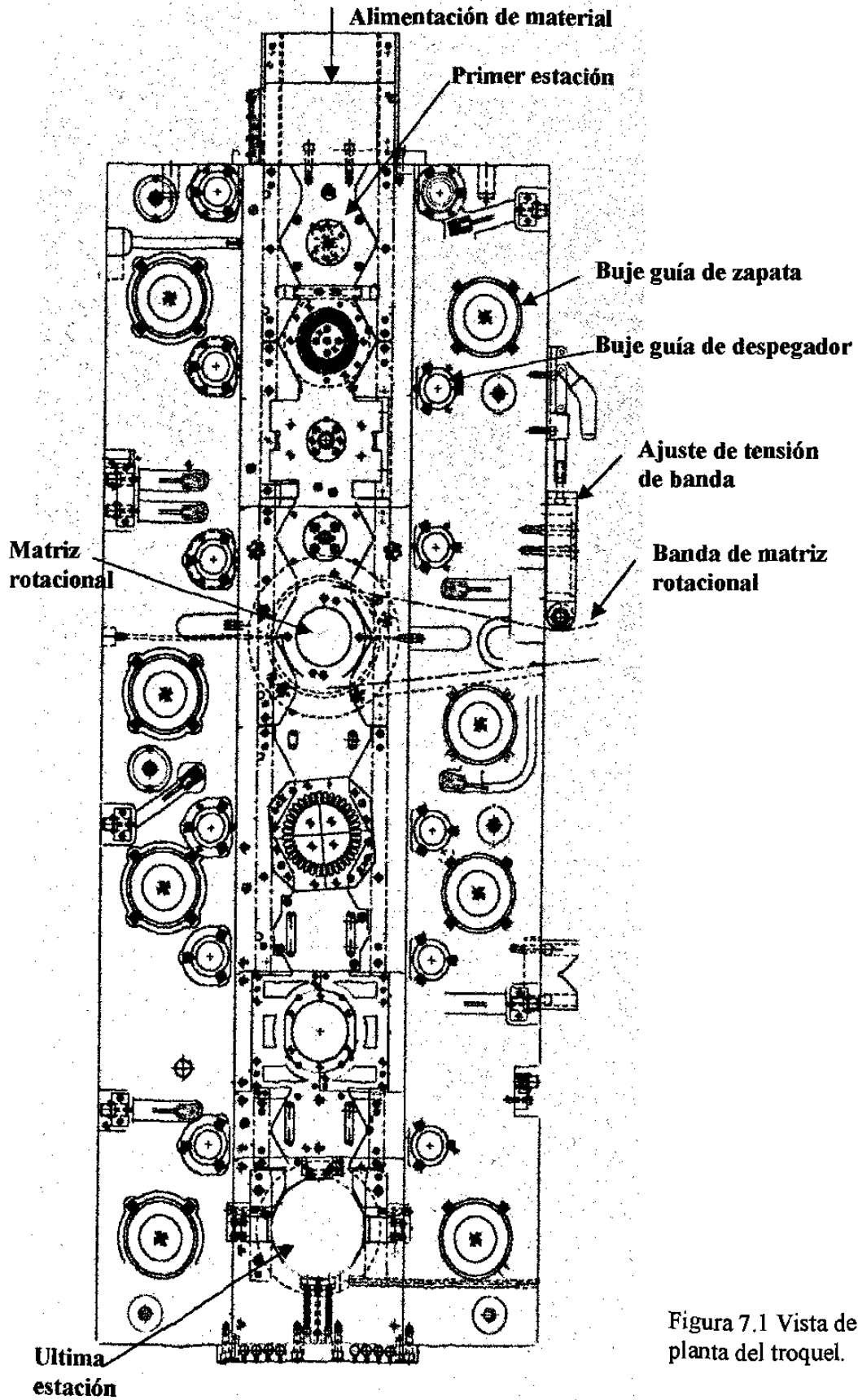
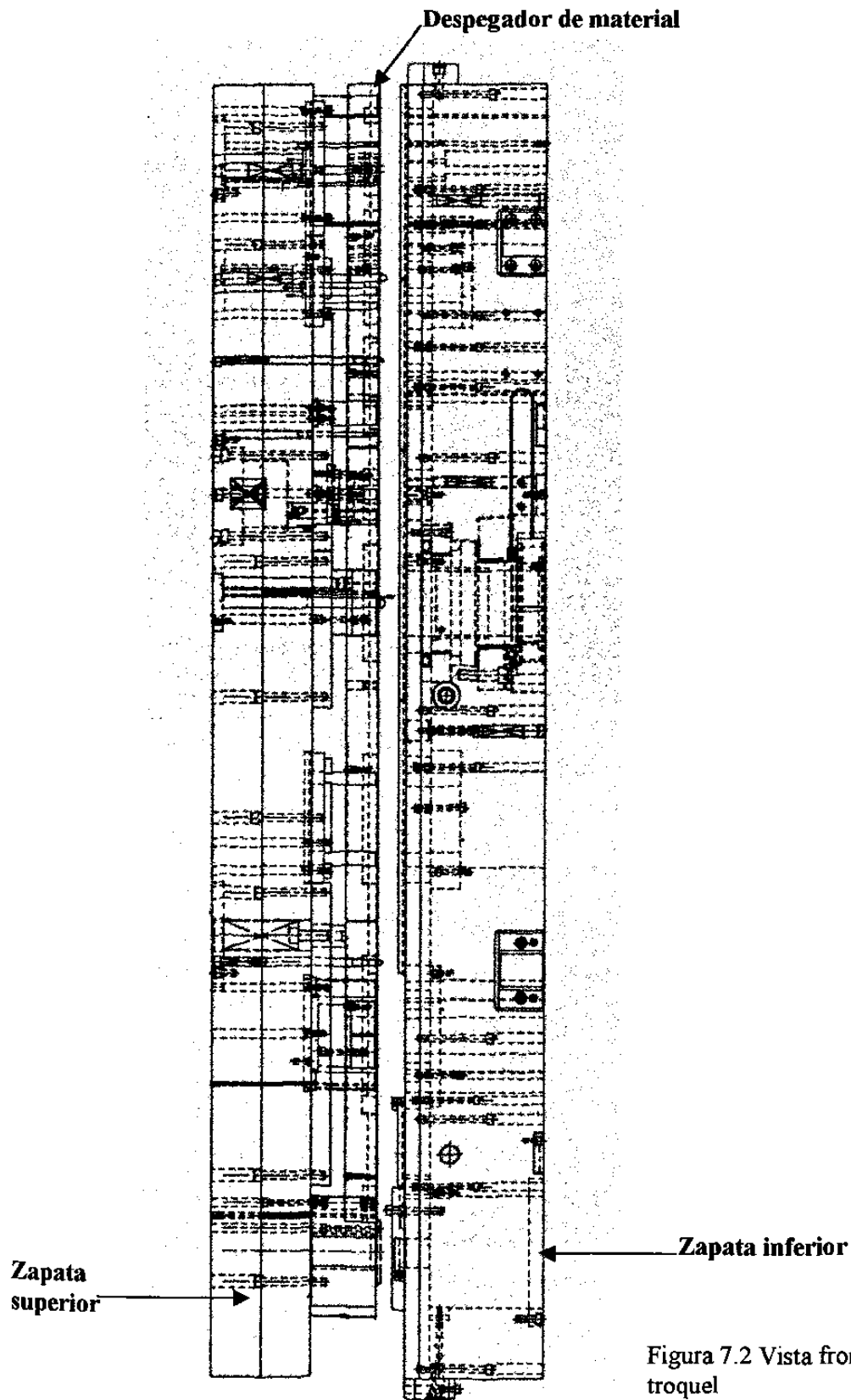


Figura 7.1 Vista de planta del troquel.



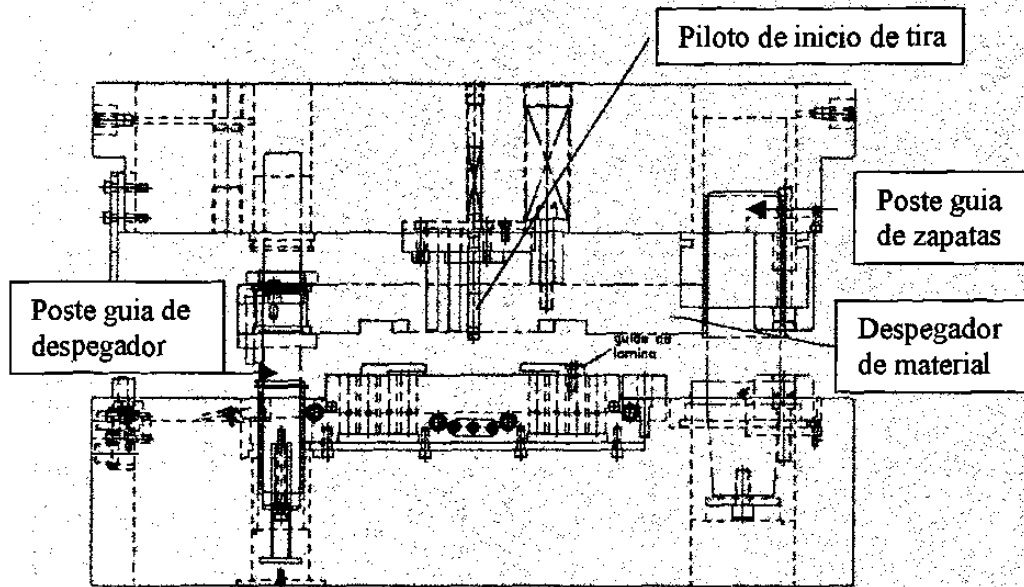


Figura 7.3 Vista lateral de troquel

7.1 Estación 1.

En la figura 7.4 se muestra la estación 1 de la tira de acero, en ella se aprecian las diferentes perforaciones que se realizan en esta estación, el número 1 indica el agujero piloto con el que ya cuenta la tira pre formada, y el cual se utilizara en la estación uno y dos para centrar la tira y detectar la mala progresión. El número 2 indica los agujeros que se utilizaran en las estaciones posteriores para el centrado de la tira. El número 3 indica los agujeros que sirven como auxiliares en el formado de la grapa. Finalmente el número cuatro indica cuatro ranuras que se hacen par ir debilitando y separando la tira, estas tres ranuras forman las dos extensiones de material del cual queda unido la lamina de estator antes de ser recortada en la ultima estación. Iniciaré explicando como se inicia el troquelado, después se explicaran las funciones y diseño de los componentes más importantes de esta estación.

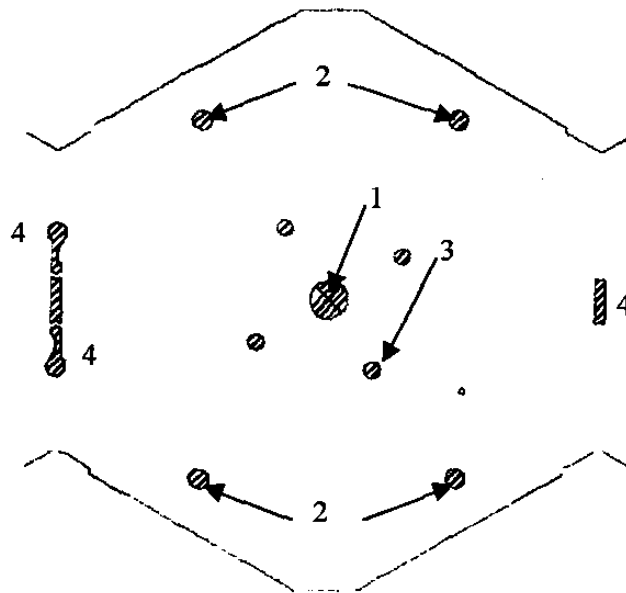


Figura 7.4 Tira de acero mostrando la estación 1

En la figura 7.5 se muestra la vista de planta de la estación número uno del troquel, la operación inicial es centrar la tira en la estación por medio de un perno centrador que se localiza al centro de la estación en la parte inferior. Este perno sobre sale del nivel de las matrices, esta pivoteado por un resorte y su función es solamente la de pre centrar la tira, la función principal de centrado de la tira la hace el piloto centrador localizado en la parte superior de la misma estación. La dimensión de este piloto es de 0.005" más pequeña que el diámetro del agujero de la tira, esto con la intención de lograr una alineación precisa.

Además de centrar la tira, el piloto cumple la función de detectar mala progresión en la tira, la mala progresión significa que la distancia entre los agujeros de la tira pre formada esta fuera de especificaciones. La detección de mala progresión y paro automático de la prensa se logra mediante la función de dos pilotos y un dispositivo electrónico de paro automático. En la figura 7.6 se muestra la combinación de estos dos pilotos, el primero de ellos es el que ya platicamos, y el cual esta localizado en la estación numero uno, el segundo piloto se localiza al centro de la segunda estación y de igual forma que el piloto anterior, su función es localizar el agujero piloto de la tira

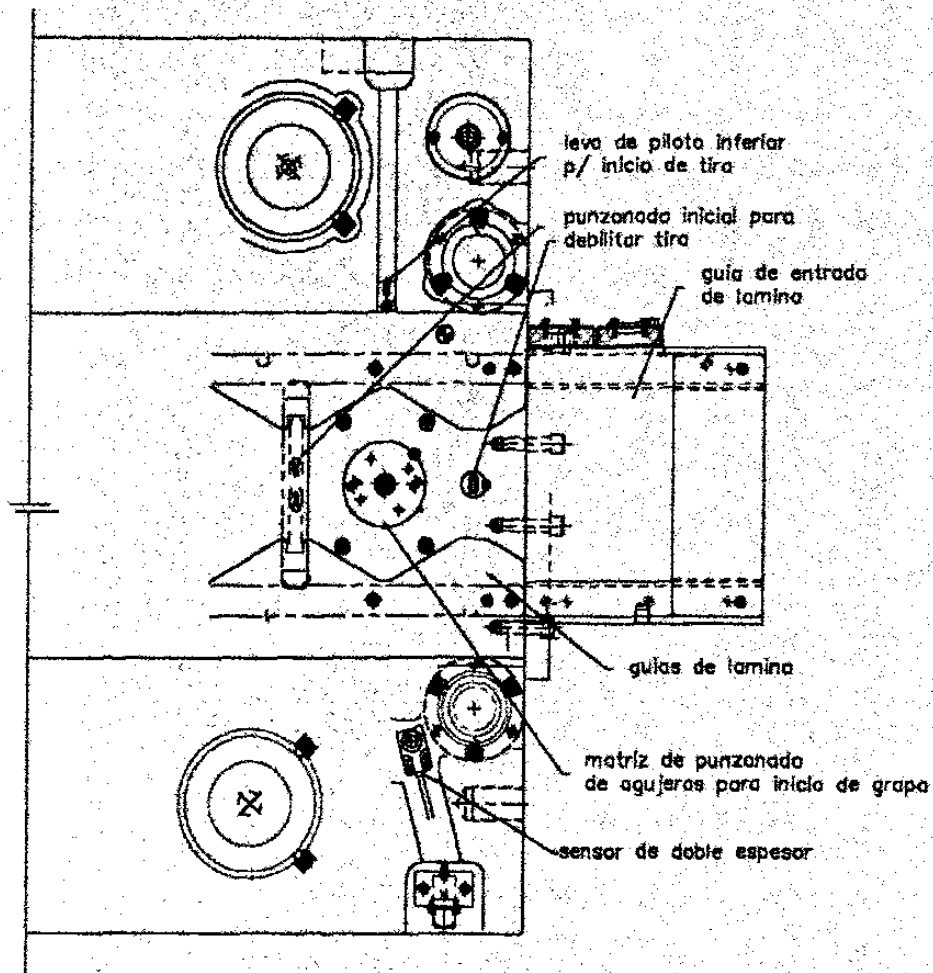


Figura 7.5 Estación 1 vista de planta

pre formada, como se ve en la figura 7.5, la distancia entre los dos pilotos es la misma separación que debe de haber entre cada uno de los agujeros de la tira, cuando uno de estos agujero esta fuera de posición el piloto número uno se comprimirá, al hacerlo empujara una varilla la cual a su vez activara un sensor electrónico, este sensor esta conectado al controlador del troquel, esta señal envía una orden de paro a la prensa. En la figura 7.6 se muestra la sección del dispositivo de detección de perdida de paso.

Es importante explicar que los pilotos localizadores de la tira están apoyados sobre resortes, esto cumple dos funciones básicas, una la de permitir que el o los pilotos de perdida de paso se puedan comprimir para poder activar el dispositivo de paro

automático de la prensa, la segunda función fundamental, es que al comprimirse cuando hay una pérdida de paso también evitan daños mayores en el troquel, ya que si no se comprimieran, cuando la lamina se salió de posición tratarían de perforar la lamina, esto ocasionaría daños en las matrices. Es importante aclarar que una pérdida de paso se puede dar por dos razones principales, una es cuando la distancia entre los agujeros de la tira pre formada es incorrecta, y la otra es cuando la tira al ser alimentada se salió de posición, debido a alimentación insuficiente o excesiva, esta falla puede ser ocasionada debido a fallas en el alimentador principalmente, o a alguna falla externa adicional.

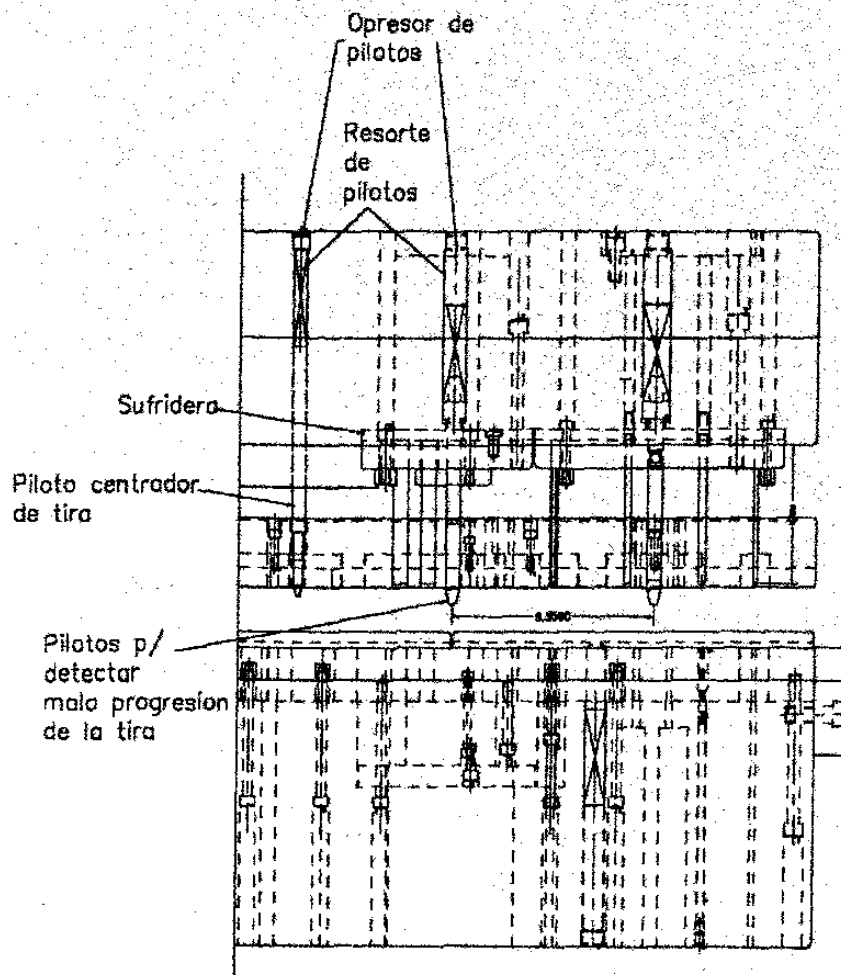


Figura 7.6 Elevación de estación 1 del troquel indicando pilotos localizadores

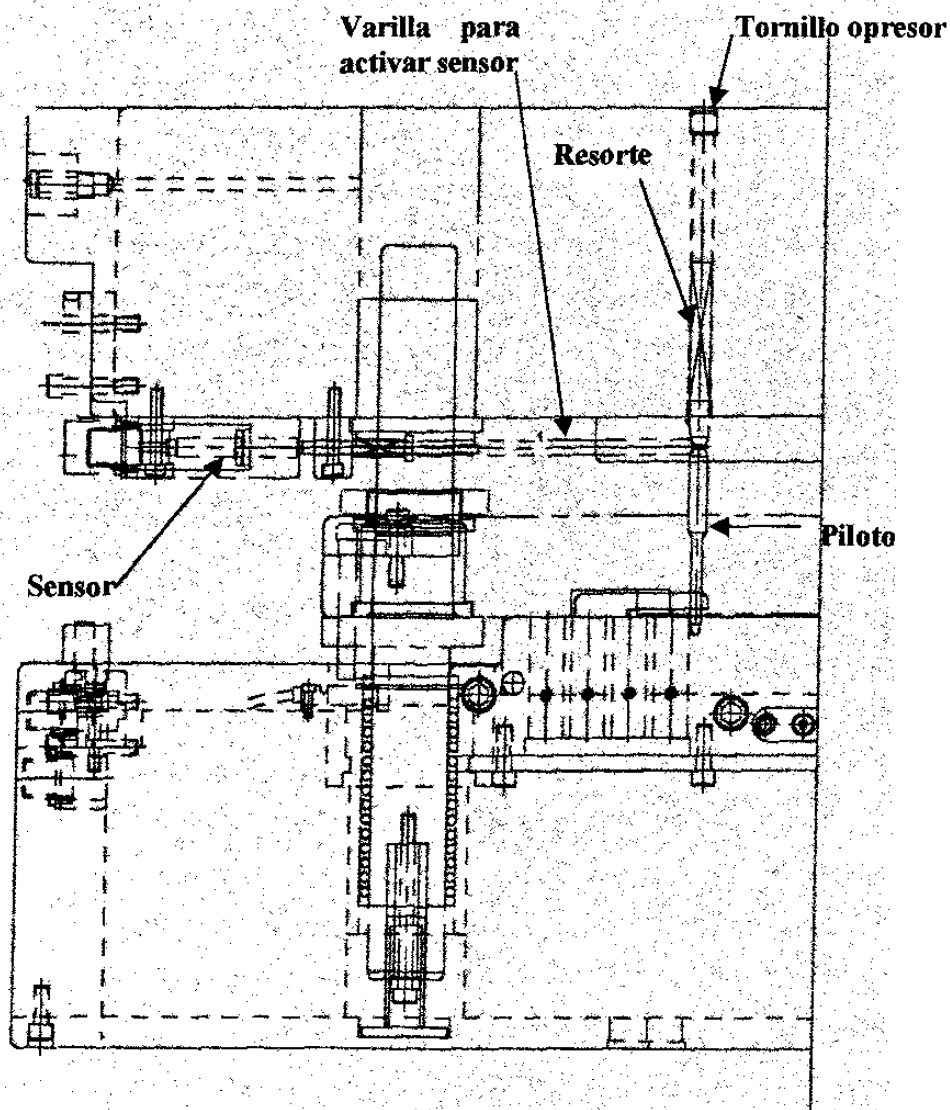


Figura 7.7 dispositivo de detección de pérdida de paso

Hay dos diseños básicos de despegadores, el despegador de jaula y el despegador de resortes. El despegador de jaula es fijo, se atornilla a la parte inferior del troquel, su función es la de guiar el material y despegarlo de los punzones después de cada golpe. El despegador de resortes se sujeta a la zapata superior del troquel, su función principal es la de despegar el material de los punzones después de cada golpe. Ambos diseños se utilizan en la fabricación de troqueles de laminación, pero el más utilizado es el de resortes, ya que permite mayor flexibilidad durante la operación. Cuando se requiere

solucionar algún problema durante la operación del troquel, es muy difícil hacerlo con un despegador de resortes, ya que no se tiene acceso a las matrices, un despegador de resortes deja completamente libre el área de la matrices, permitiendo que muy fácilmente se pueda solucionar algún problema sin tener que bajar el troquel. Por otro lado, hay otra sub división de despegadores. Estos los del tipo despegador guía de punzones y los despegadores sin guía de punzones. Igualmente ambos tipos de despegadores se utilizan en la fabricación de troqueles de laminación, el diseño guiado es más complicado y más costoso desde el punto de vista de fabricación, pero es el que ofrece mejores resultados. Los punzones de laminación como ya se mencionó se fabrican en carburo de tungsteno, este material es de muy alta resistencia al desgaste, pero su excesiva dureza lo vuelve también muy frágil. Si el punzón se flexiona producto de los esfuerzos de troquelado lo más probable es que se fracture, para evitar este tipo de fallas, se utilizan bujes guía, los cuales se insertan en el despegador del material, este buje reduce considerablemente el juego del punzón eliminando la posibilidad de que el punzón se flexione y falle por fractura. La tolerancia que se utiliza en estos bujes guía es de alrededor de 0.0005", esto también puede resultar riesgoso, ya que si el despegador de material se llega a flexionar o a comprimir de manera irregular ocasionara esfuerzo de flexión sobre los punzones, cuando esto sucede resulta en el daño de la mayor parte de los punzones, lo cual representaría un costo muy alto de reaparición. Este tipo de problemas se presenta sobre todo en la operación de la prensa, es por eso que se requieren operarios calificados para trabajar con este tipo de troqueles. En la actualidad el tipo de porta punzón que más se utiliza es el de resortes con bujes guía de punzones. Solamente para diseños muy sencillos y producciones muy pequeñas se justifica utilizar otro tipo de diseño. Cuando se utiliza el despegador guiado, los punzones deben de ser flotantes, esto quiere decir que el alojamiento del porta punzón estará sobre dimensionado, esto permitirá que el punzón tenga algo de movimiento, y que solo el despegador sea el que guía al punzón, de lo contrario se crearía una interferencia entre despegador y porta punzones, ocasionando fallas en los mismos. En la figura 7.4 se indican cuatro agujeros con el número 2, estos agujeros se utilizarán para localizar la tira en cada una de las estaciones del troquel, en cada estación habrá cuatro pilotos que coincidirán con estos agujeros, al igual que los punzones, los pilotos están guiados en el despegador mediante bujes guías. estos agujeros piloto adicionales son necesario ya

que después de la estación numero 3 desaparecen los agujeros pilotos de la tira pre formada. En la figura 7.6 se muestran los pilotos mencionados indicándose como pilotos centradores de tira.

El numero 3 en la figura de la tira de acero indica cuatro agujeros que se utilizaran para el inicio de la grapa, estos agujeros funcionan como desahogo, ya que en el formado de la grapa, la lengüeta que da sujeta a un solo extremo, el extremo que debe quedar desprendido coincide con el agujero, esto reduce el esfuerzo del punzón y mejora el formado de la grapa. El ángulo de inclinación del rotor puede ser izquierdo o derecho, esto de acuerdo a las características del producto, incluso hay rotores que cuentan con ángulo en "V", debido la matriz debe contar con agujeros que coincidan con ambos extremos de la lengüeta. El cuarto punzonado es el de debilitado de la tira, esta operación no es necesario que se realice en esta estación, pero de acuerdo a la distribución de operaciones se encontró que era donde mejor se podía ubicar. Las matrices y punzones para los agujeros de pilotaje son de sección redonda y de diseño muy sencillo, por esto no se incluirán en esta explicación, solo se mostrar el dibujo de la matriz para inicio de grapa y la matriz y el punzón para el debilitamiento de la tira.

La figura 7.8 muestra la matriz para los agujeros de inicio de grapa, Se utilizara una sola matriz para integrar los cuatro agujeros auxiliares del formado de grapa, pero como ya se acaba de mencionar, se puede apreciar, la matriz cuenta con ocho agujeros para inicio de grapa. Cuatro para ángulo derecho y cuatro para ángulo izquierdo. se utilizaran solo cuatro de ellos a la vez. pero el ángulo del rotor puede ser izquierdo o derecho, por eso cuatro de estos agujeros se utilizaran para ángulo derecho, y cuatro de ellos se utilizaran para ángulo izquierdo, la estación cuenta con ocho punzones montados al mismo tiempo, mediante un mecanismo de levas se activan los punzones que se desea utilizar, este mecanismo funciona de la misma manera al mostrado en la figura 7.16, la unica diferencia es que los pistones se activan de manera manual, no están conectados al controlador. Por otro lado, el agujero central será el que el piloto utilizara para el centrado de la lamina, se utilizaran dos agujeros para sujetar la matriz a la porta matriz, el ajuste de la matriz es deslizante, queda encajonada en la porta matriz, para evitar que la matriz sea ensamblada en posición equivocada se utiliza un piloto que define una sola forma de ensamble. Estas son las características principales de la matriz de inicio de grapa.

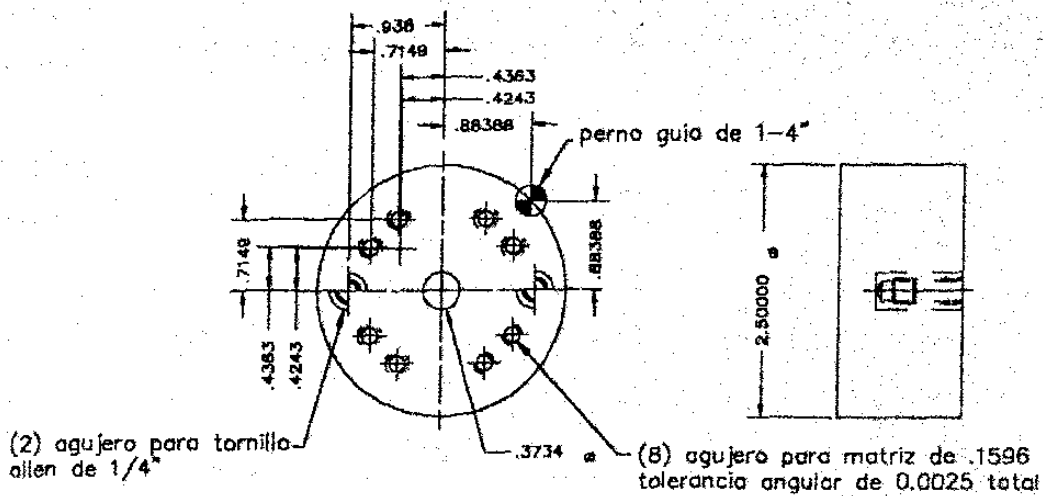


Figura 7.8 Matriz para inicio de grapa

La matriz que se utiliza en el punzonado de separado de tira es una matriz de sección redonda, en la figura 7.9 se muestra esta matriz. En general es de diseño sencillo, la única característica especial es el desahogo angular con el que cuenta, los desahogos de corte en matrices para troquelado en general son principalmente del tipo recto, en troquelado de laminación se utiliza un desahogo angular, como en este tipo de aplicaciones se utilizan materiales de trabajo de bajo espesor, la matriz no puede contar con una sección recta, ya que ocasionaría que las semillas se atascaran y que los punzones se sobre cargaran, para facilitar el desahogo de la matriz se utiliza un desahogo angular, mediante este ángulo la rebaba es empujada hacia abajo muy fácilmente. El ángulo debe ser de muy poca inclinación, ya que como crece después de cada rectificadora, si fuera de gran proporción la vida de la matriz sería muy corta. todas las matrices utilizadas en troquelado de laminación cumplen con esta característica. Solamente la matriz utilizada en la estación de rasurado del diámetro interior de estator no se apegan a este sistema, la razón se explicará en el punto 7.8.

El punzón para el separado de la tira no presenta mayor problema, la figura 7.10 muestra el dibujo de este punzón, se fabrica de acuerdo a la forma que debe de punzonar, cuenta con una cabeza (dimensión de $\frac{3}{4}$ " en el dibujo) para la retención en el porta punzón, aunque la forma es simétrica, solo puede ensamblarse de un solo lado, esto previene muchos problemas.

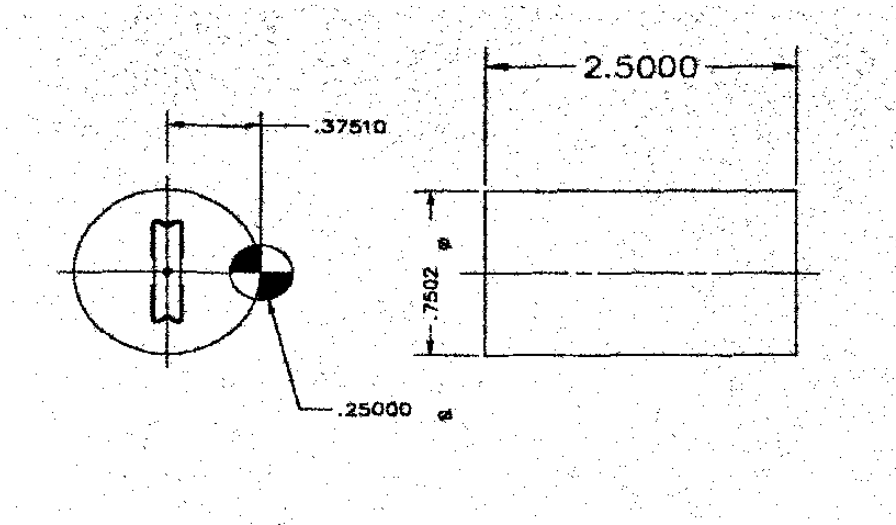


Figura 7.9a Matriz para debilitado de tira

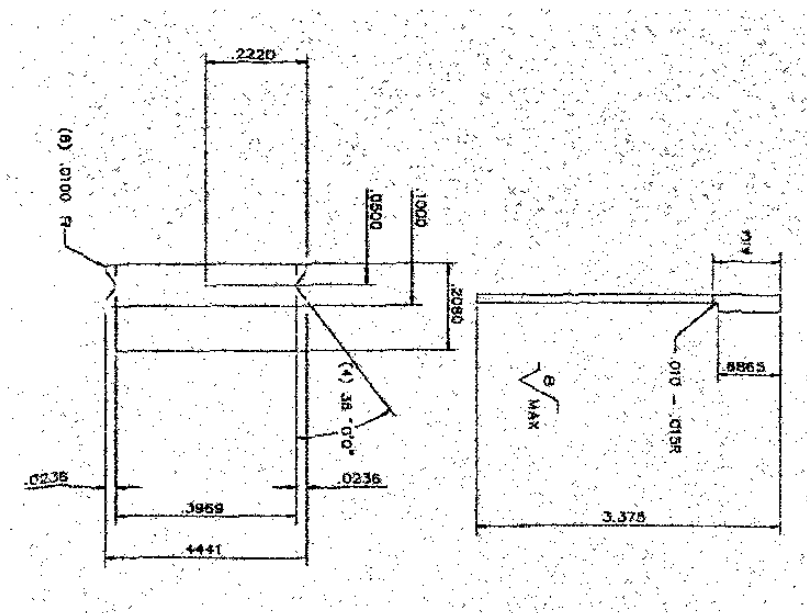


Figura 7.9b Punzón para el debilitado de la tira

7.2 Punzonado de las ranuras del rotor

La estación número 2 se definió como la de punzonado de las ranuras de rotor. En la figura 7.10 se muestra la sección de la tira de la estación 2. Como se puede ver en la figura en la segunda estación se punzona las ranuras de la laminación del rotor además de cuatro agujeros de ventilación que no tienen relevancia en la explicación de esta técnica de diseño, solo son requisito o características especiales del producto. Las ranuras del rotor deben ser 48 en total, el número de ranuras y la geometría de las mismas dependen del diseño de cada producto en particular. Las ranuras del rotor se indican con el número 1 en la figura 7.10, el número 2 indica los agujeros de ventilación.

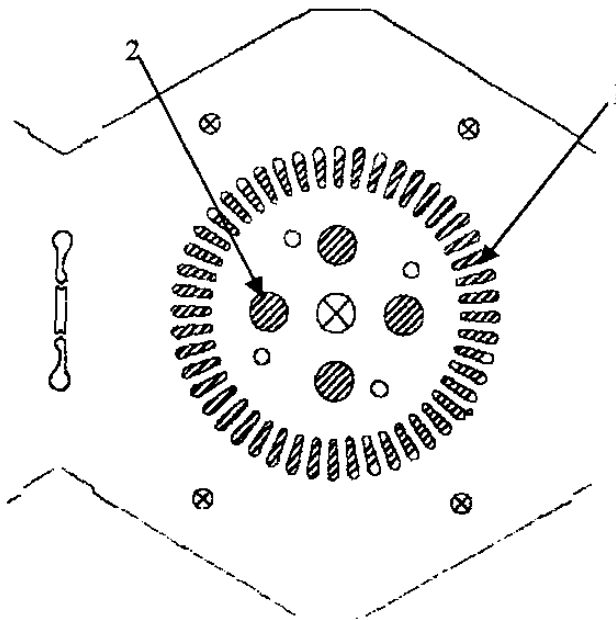


Figura 7.10 Estación 2

En la figura 7.11 se muestra el diseño de la estación número 2 vista de planta. Las matrices utilizadas en el punzonado de estas ranuras pueden ser de dos formas, del tipo segmentado, en el que las 48 ranuras están formadas por 48 secciones de matriz. O del tipo de galleta, en este diseño se fabrica una matriz sólida que cuenta con las 48 ranuras. Ambos diseños tienen ventajas y desventajas, continuación se explican las características de cada uno de los diseños mencionados.

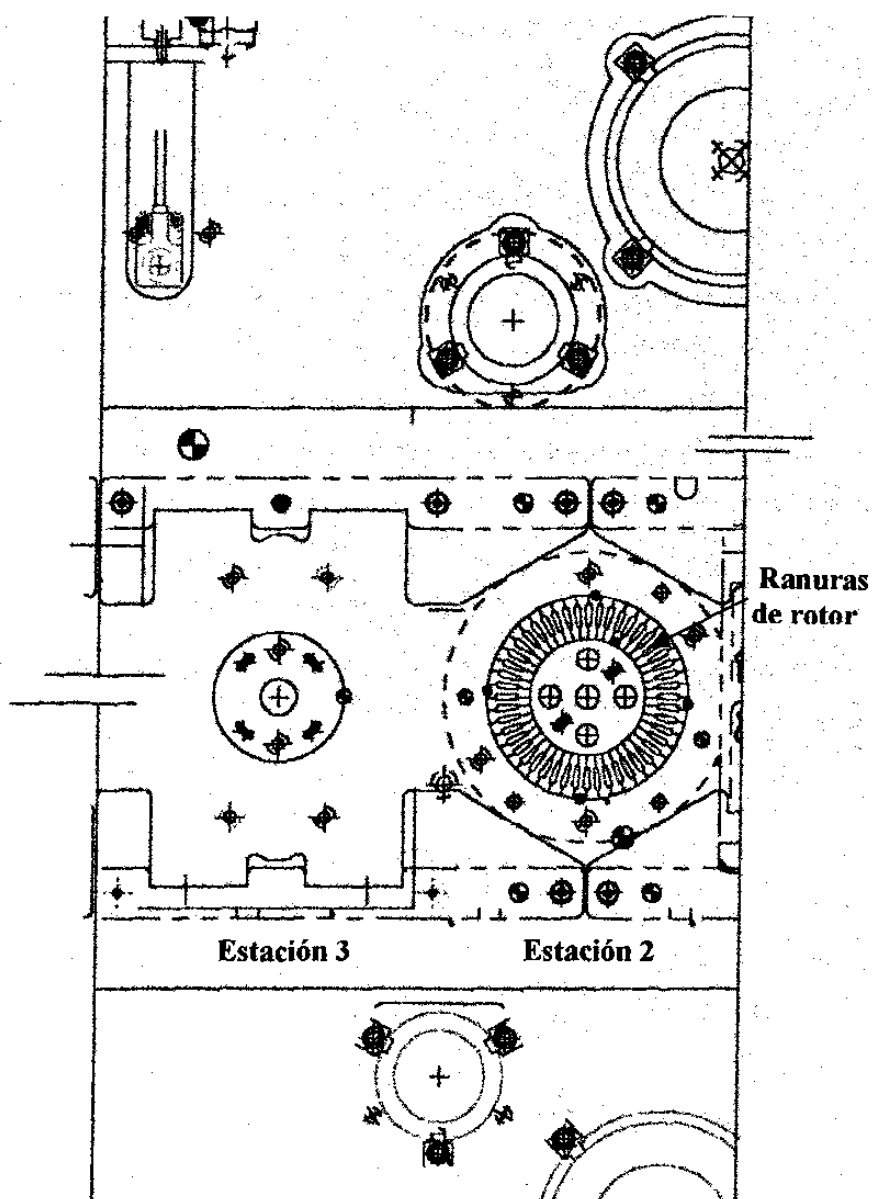


Figura 7.11 Estación 2 de troquel vista de planta

Una ventaja de las matrices sólidas o del tipo galleta desde el punto de vista de mantenimiento, es que cuando se despostilla la matriz es más fácil de reparar, ya que es más fácil afilar toda la matriz y calzar con un solo aumento, que afilar segmentos individuales y tratar de calzarlos, de hecho esta practica no es recomendable, es muy peligrosa, y solo debe hacerse en casos de urgencia. Desde el punto de vista económico, es mas barato fabricar una sola matriz que todos los segmentos que conforman una matriz seccionada, desde el punto de vista operativo, una matriz sólida representa menor problema ya que es más fácil ajustar una sola matriz. Básicamente la decisión de que tipo de matriz utilizar estriba en el punto de vista económico. Los problemas de despostilladuras o daños en las matrices de rotor son uno de los problemas más comunes en troqueles de laminación, si esta matriz se fabricara en una sola pieza, se tendría que afilar completa aun y cuando el daño sé en una sola ranura, reduciendo la vida de toda la matriz, cuando es seccionada, se reemplaza el segmento o segmentos dañados por segmentos nuevos, se les da la altura de los segmentos usados y el troquel sigue trabajando, los segmentos despostillados no son eliminados, se guardan ya que a medida que el troquel se va rectificando, la altura de las matrices va disminuyendo, cuando la altura de las mismas sea menor a una de las matrices que previamente fueron reemplazadas, estas podrán ser usadas de nuevo afilando solamente la parte dañada, y De igual forma, las matrices que en este momento sean sustituidas podrán ser usadas de nuevo cuando la altura de las matrices en el troquel vuelva a quedar debajo de las matrices en existencia o de remplazo. De esta manera la vida de una matriz seccionada es mucho mayor que una matriz sólida, por lo tanto el diseño seleccionado es el de matriz seccionada o de segmentos.

En la figura 7.12 se muestra el dibujo de uno de los 48 segmentos que formaran la matriz para el punzonado de las ranuras de rotor, estos segmentos se mantiene unidos por medio de un anillo exterior, y de un inserto en la parte interior. Como se ve en la figura cada segmento forma parte de dos ranuras, se requiere de dos segmentos para completar una sola ranura. Básicamente todos los segmentos son iguales entre sí, la única diferencia es que algunos de ellos deben de contar con la ranura para el perno guía, esta condición es muy importante, ya que al ser una matriz de forma irregular, si se llegara a girar ocasionaría el daño de punzones y matrices. Otra condición que debe

anillo interior que a su vez es una matriz de punzonado controla el diámetro interior de las matrices. Mediante estos dos anillos se logra una perfecta que las matrices se mantengan en su posición, para obtener la alineación correcta, cuatro de los 48 segmentos deben de contar con un perno guía como se muestra en la figura, la función de este perno es evitar que las matrices se giren, si por alguna razón este perno se olvidara ensamblar el resultado sería catastrófico al momento de tratar de correr el troquel, ocasionaría el daño de la mayor parte de las matrices y punzones en esta estación y es muy probable que el troquel sufriera daños mayores en otras estaciones. Como se menciona, el anillo interior es a su vez una matriz, en ella se perforan los cuatro agujeros de ventilación de la laminación de rotor, además, el centro de esta matriz sirve como agujero guía del piloto central que ya se comentó en el punto 7.1.

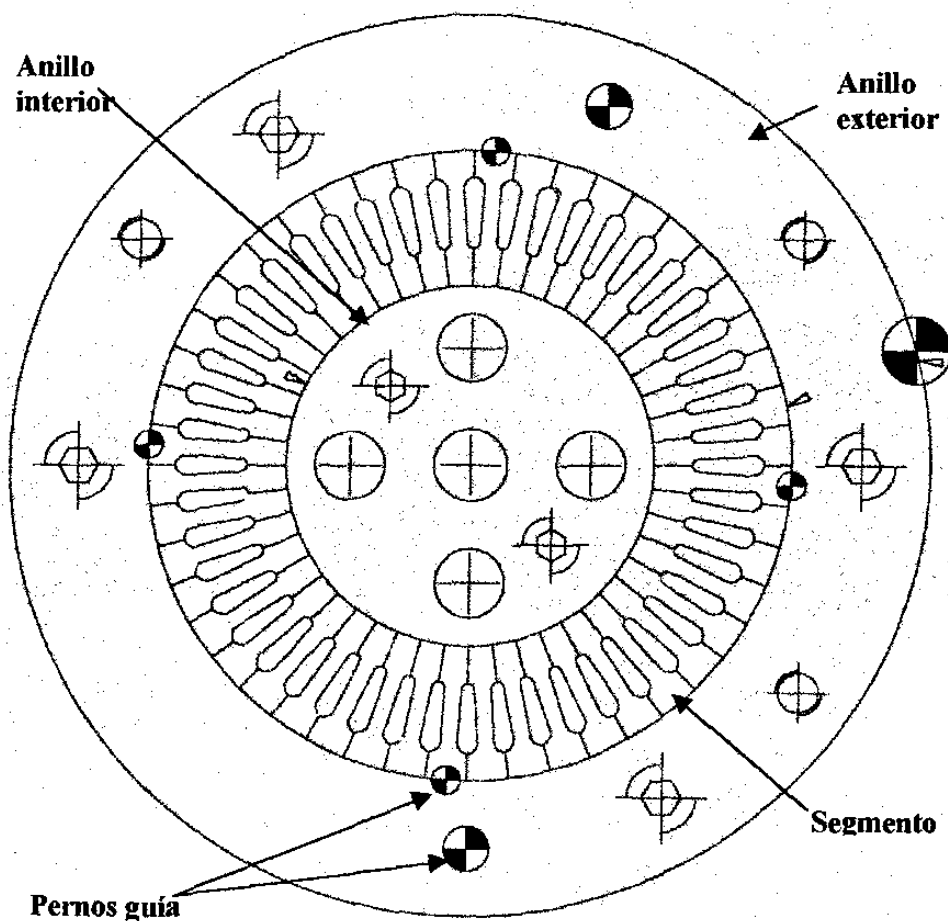


Figura 7.13 Ensamble de matices para el punzonado de rotor

Tanto el anillo exterior como el anillo interior se atornillan a la porta matriz mediante tornillos cabeza embutida de $5/16''$, deben de estar guiadas mediante pernos guías de precisión, es muy importante no utilizar pernos guías de mala calidad en este tipo de troqueles, cualquier desgaste o variación de diámetro ocasionados por la mala calidad de los mismos ocasionara desgaste y fallas en los diferentes componentes del troquel.

El ultimo de los componentes principales de esta estación es el punzón de ranuras del rotor. Su diseño es sencillo, primero veamos la figura 7.14a, en ella se muestra la vista de planta del porta punzones de la estación 2. El diseño del punzón es sencillo, básicamente se fabrica el punzón de acuerdo a la figura de la ranura del rotor, lo más común es que los punzones cuenten con una cabeza de retención que los mantenga unidos a la porta punzón, para reducir el costo de fabricación y simplificar el ensamble y desensamble este punzón se diseño con una ranura en la parte superior como se indica

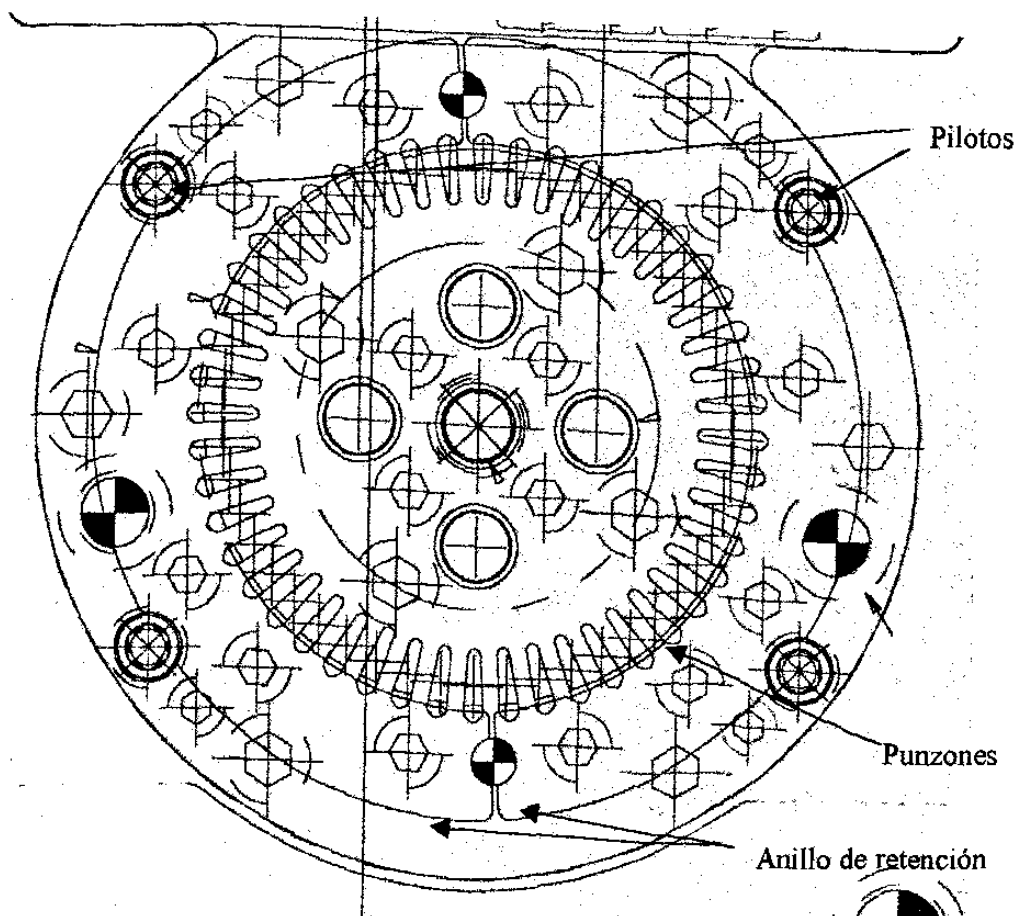


Figura 7.14 porta punzón de la Estación 1 del troquel

En la figura 7.14b, se utilizara un anillo de retención partido el cual se atornillara alrededor de los punzones, este anillo se muestra en la figura 7.14a cuando se requiere cambiar un punzón, es más sencillo desensamblar este anillo que todo el porta punzones. Este tipo de punzones será del tipo flotante, esto quiere decir, que los punzones se ensamblaran con ajuste holgado en el porta punzón, esto les permitirá tener algo de juego, en el despegador de material se utiliza un inserto guía, este inserto esta fabricado con tolerancias de ajuste muy exactas, su función es la de alinear perfectamente los punzones contra la matriz y evita defección de los mismos, el ajuste holgado del porta punzón permite que los punzones se alineen de acuerdo a la posición del inserto guía. En general todos los punzones de dimensiones pequeñas como son los punzones para pilotos, punzones de ranuras de rotor y estator, punzón de diámetro interior de rotor se diseñaran con el diseño flotante, este diseño facilita la alineación de los punzones contra las matrices. Punzones de dimensiones mayores como el punzón de rasurado del diámetro interior de estator no requieren ser guiados, ya que su mismo tamaño eliminan la posibilidad de desalineamiento y flexión.

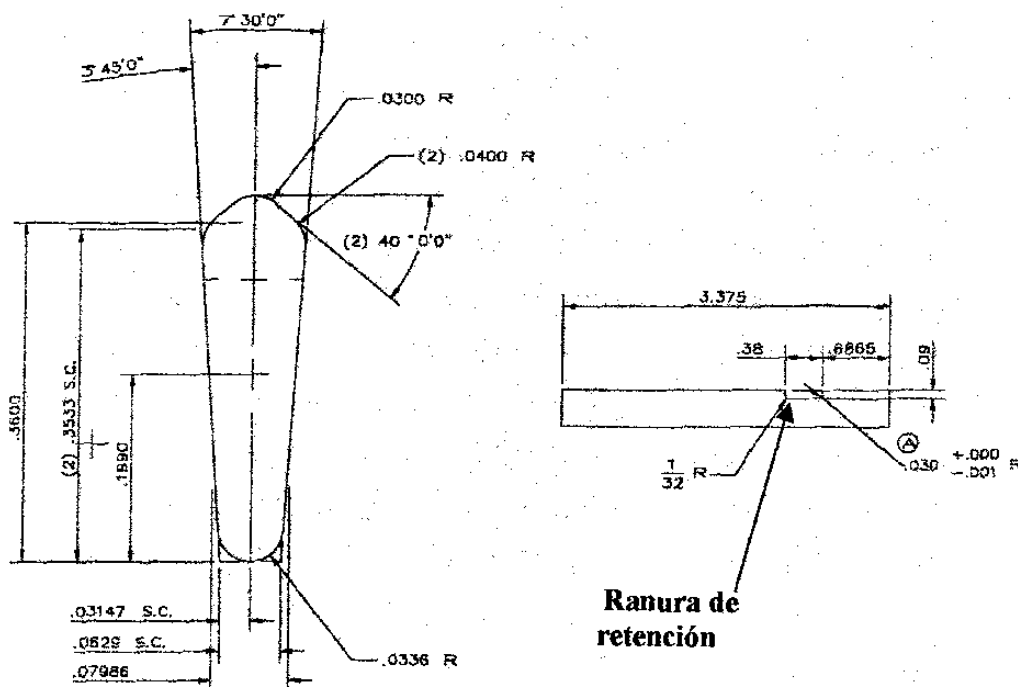


Figura 7.14b Punzón de ranuras de rotor

7.3 Lámina separadora

La función principal de la tercer estación es la de punzonar las ranuras para la lamina separadora, como ya se explico, el proceso de grapado de rotor consiste en formar lengüetas de grapado en cada laminación, las cuales serán embutidas para unir una laminación contra otra, pero si esto se hiciera en forma continua, el resultado seria un rotor de longitud infinita, para poder obtener el rotor con una longitud deseada, es necesario que la primer lamina de cada rotor no cuente con las lengüetas de grapado. Para lograrlo, en esta estación se perforan o cortan ranuras similares en dimensiones a las lengüetas de grapado. Además del punzonado de las ranuras para lamina separadora, se perforan 4 agujeros que servirán coma agujeros de tornillo del estator, este tipo de punzonado es muy sencillo por lo cual no se le dedicara mayor explicación.

Otro punzonado adicional es el de abocardado, como ya se menciono, algunos rotores, de acuerdo a las especificaciones del producto requieren que el diámetro interior las primeras 3 o 4 laminas de cada lado del rotor tengan una dimensión mayor, esto facilita el ensamble de la flecha rotor, y evita daños de la misma cuando el diámetro del rotor esta muy cerca del limite inferior, permite poder seguir corriendo el troquel un poco mas antes de bajarlo para rectificar.

El proceso de abocardado se logra mediante un punzón flotante activado por un dispositivo especial, este dispositivo se controla mediante el controlador del troquel. Como ya se menciono esta función es opcional y depende de las características del producto, se añadirá pensando en futuras aplicaciones. La forma en que funciona este dispositivo se explicara un poco mas adelante, antes es necesario entender bien las operaciones que se realizaran en esta estación, para explicar de una manera más sencilla la operación realizada en esta estación en la figura 7.15 se muestra el diseño de la tira de la estación numero 3, en ella se aprecian los diferentes punzonados que se acaban de explicar, en adelante solo se explicar el funcionamiento del punzonado de las ranuras de la lamina separadora, y la función del punzón flotante para el abocardado del rotor ya que son las operaciones principales de esta sección. En la parte final de esta sección se incluirán los dibujos de los componentes principales como son matriz y punzones para las ranuras de la lamina separadora y el dibujo del punzón para el abocardado.

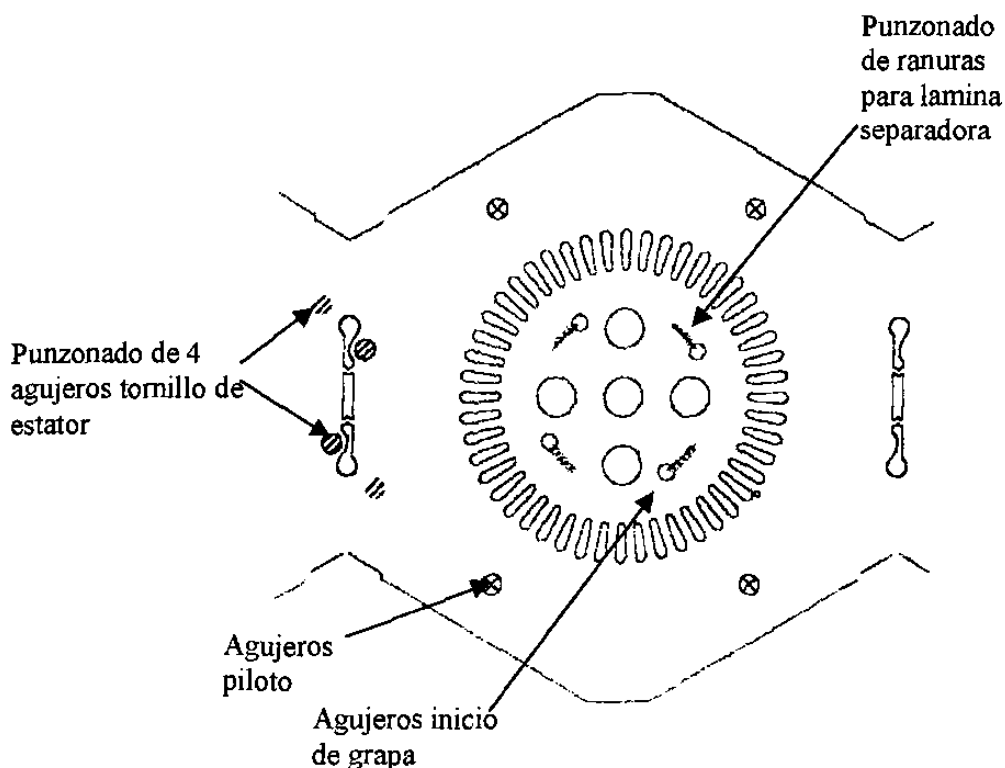


Figura 7.15 Estación 3 de la tira de acero

Como se indica en el dibujo, las ranuras de la lamina separadora coinciden en un extremo con los agujeros para inicio de grapa perforados en la estación numero 1, en la figura 7.11 se muestra la vista de planta de la estación 3, en general la parte inferior del troquel es un diseño de perforado muy sencillo, lo complicado de esta estación esta en la parte superior del troquel, ya que como se comento los punzones para las ranuras son flotantes al igual que el punzón de abocardar. En la figura 7.16 se muestra la parte superior de esta estación, en ella se muestran dos juegos de mecanismos de punzones flotantes. Primero explicare el mecanismo de la derecha que es el que activa los punzones de las ranuras.

El mecanismo se compone de los punzones, la leva de empuje, el cilindro neumático y una válvula solenoide que no aparece en el dibujo. El controlador del troquel, mediante un conteo de laminas, envía una señal a la válvula solenoide en el momento en que debe de cortarse una lamina separadora, la válvula solenoide a su vez activa el cilindro neumático, el cual empuja la leva, como se puede apreciar la leva cuenta con

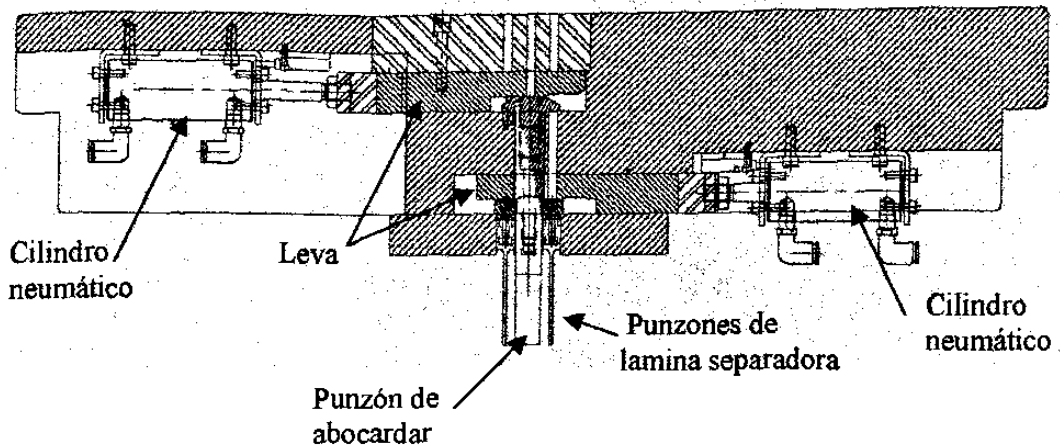


Figura 7.16 Mecanismo de lamina separadora

Un par de escalones, cuando la leva se retrae, los punzones se apoyan en la parte baja de la leva, en este punto los punzones no tienen la altura suficiente para perforar la lamina. En la figura la leva esta activada y empujando a los punzones hacia abajo, el escalón con el que cuenta la leva representa la diferencia en altura que los punzones deben tener para poder perforar la lamina. En este momento están en condiciones de hacerlo.

El mecanismo de la izquierda activa el punzón para abocardar el rotor, es un mecanismo similar al anterior, el funcionamiento es similar, cuenta con su propia válvula solenoide, de igual forma el controlador del troquel es responsable de enviar la señal en el momento adecuado a la válvula solenoide. En la figura el punzón esta en posición de perforar ya que se está apoyando en la parte alta de la leva, cuando la leva retrocede el punzón se apoya en la parte baja de la misma, en este momento la diferencia en alturas debido al escalón de la leva hace imposible que el punzón pueda perforar la lamina. La ciencia de esta radica en el correcto diseño y funcionamiento de los mecanismos antes mencionados, el resto de los componentes son de diseño sencillo, el punzón de abocardar es redondo completamente, el diámetro depende de los requerimientos del producto. La matriz para el mismo punzonado es igualmente de sección redonda al igual que los punzones y matrices para los agujeros de tornillo del estator, por lo tanto solo se incluirá los dibujos de la matriz de punzonado de ranuras y los punzones para la misma función.

En la figura 7.17 se muestra el dibujo de la matriz para el punzonado de las ranuras, se definió una sola matriz para las cuatro ranuras ya que es un punzonado sencillo que no presenta gran problema además de que el área es pequeña, si se quisiera insertar matrices no habría espacio suficiente, por otro lado haciéndola de una sola pieza simplifica mucho el mantenimiento. Al centro de la matriz se inserta una matriz de sección redonda, esta se utilizara en el abocardado de la lamina rotor.

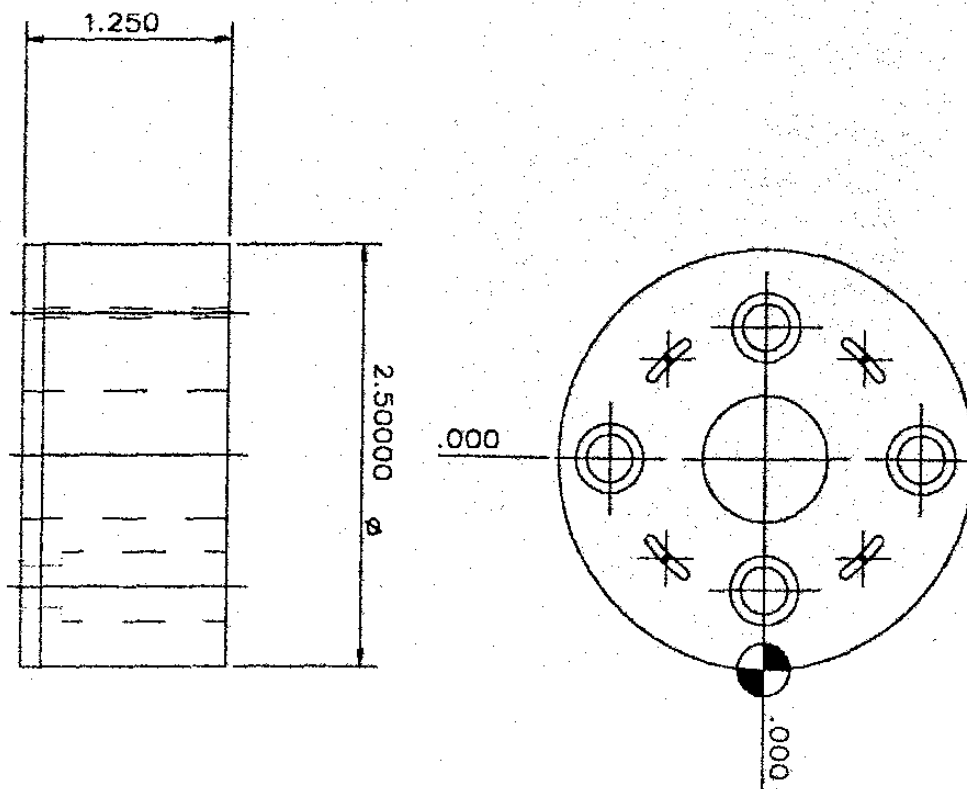


Figura 7.17 matriz de recorte de grapa

En la figura 7.18 se muestra el dibujo del punzón de recorte de grapa, el punzón es de sección angosta semi circular, las dimensiones son de acuerdo al dibujo de la lamina de rotor, los extremos de son redondeados con la intención de poder cortar ranuras para ángulos izquierdos y derechos, en la cabeza cuenta con una rosca para sujetarlo a la porta punzón, el cuerpo cuenta con un par de planos con la intención de evitar que el punzón pueda girar y desalinearse, esto ocasionaría daños en punzones y matrices.



Figura 7.18 punzón de lamina separadora

7.4 Formado de grapa

En la cuarta estación se ejecutarán dos operaciones, la más crítica es la del formado de la grapa, la segunda es la de punzonado del diámetro interior de rotor, la segunda función es en esencia más sencilla que el proceso de grapado, por lo tanto iniciare explicando el proceso de formado de la grapa. En la figura 7.19 se muestra el dibujo de la tira de acero indicando los procesos de formado y punzonado que aquí se realizarán.

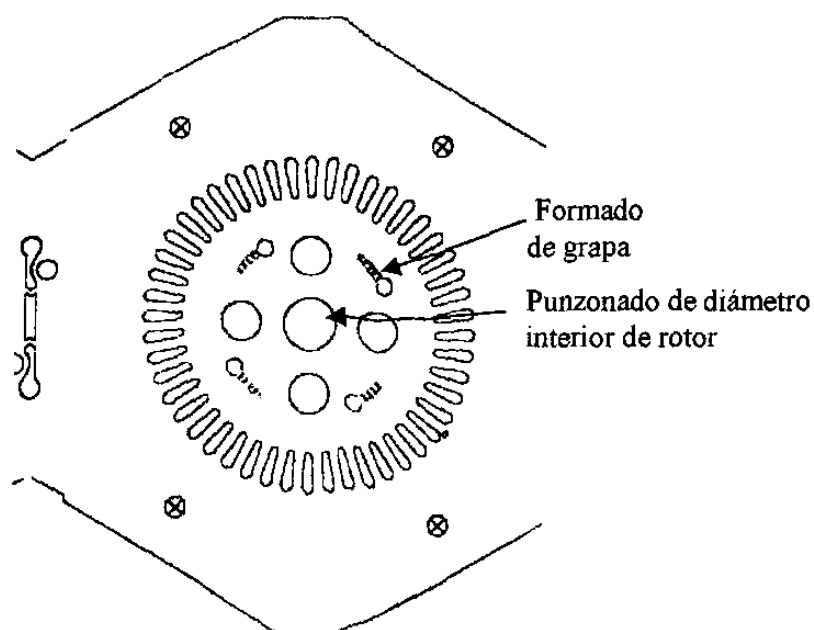


Figura 7.19 Estación 4

Por otro lado, en la figura 7.20 se muestra un corte del troquel de la estación número 4 indicando las funciones principales que aquí se efectúan. En general el diseño es muy parecido al de la estación número 3 ya que el recorte de las lengüetas y el formado de la grapa son muy parecidos, hay básicamente un par de diferencias que enseguida se comentarán. Por otro lado se perfora también el diámetro interior del rotor, que es

básicamente similar al punzonado de abocardar, con la diferencia que el punzón aquí no es flotante por lo tanto no se requiere ningún mecanismo de activación para el punzón.

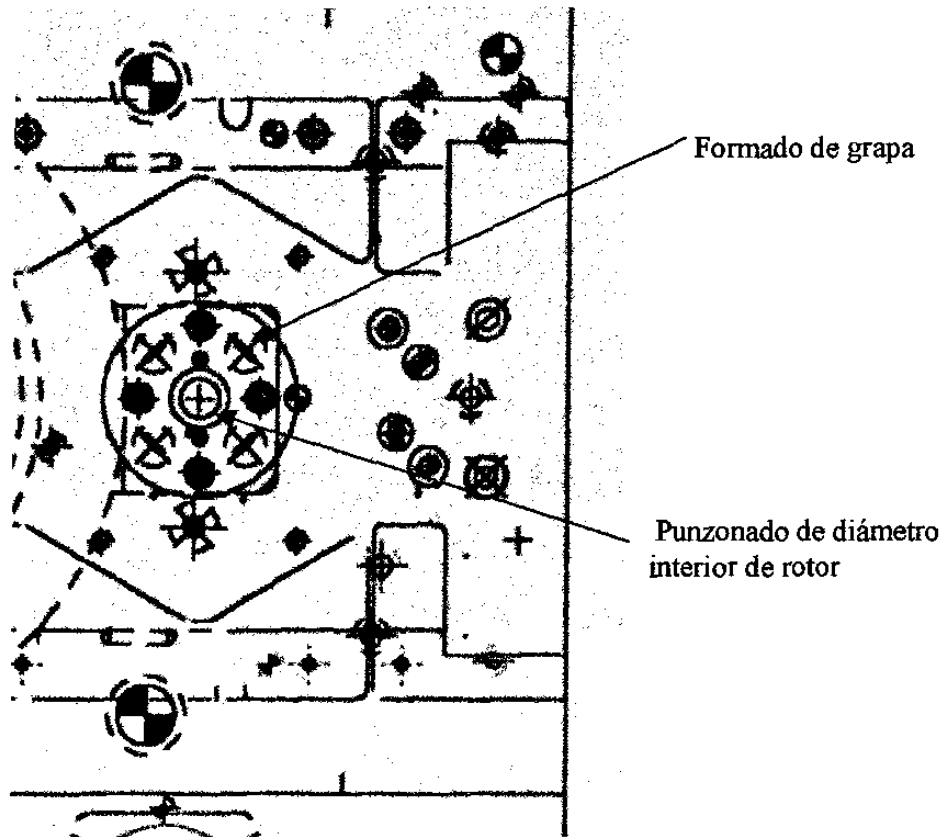


Figura 7.20 Estación 4 del troquel, formado de grapa

El formado de la grapa implica embutir la lengüeta de grapado como preparativo para el ensamble de las laminas en la estación posterior a esta, el objetivo es formar la grapa con una altura muy precisa que asegure el correcto grapado de las laminas, si esta altura no es controlada en forma precisa se obtendrá un grapado defectuoso, normalmente el troquel se tiene que bajar para corregir el ajuste de los punzones. La altura deseada de la grapa debe de ser aproximadamente dos tercios del espesor del material, la máxima variación aceptada en la altura entre una y otra grapa es de 0.002", si esta variación es mayor se tendrá problemas de grapado y desperdicio de material. Para el formado de la grapa se utilizan punzones casi similares a los utilizados en el

recorte de la grapa, La penetración del punzón de formado es una condición muy importante, si no se controla adecuadamente el punzón puede penetrar demasiado y cortar por completo la grapa, o penetrar muy poco y no obtener la altura deseada. En la figura 7.21 se muestra el formado de la grapa en la tira de acero, es así como quedara después de formada.

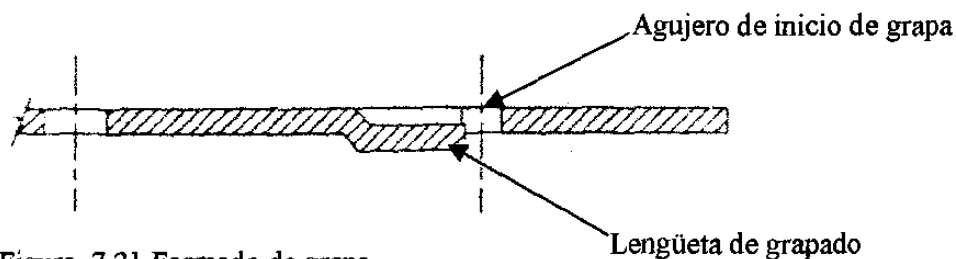


Figura 7.21 Formado de grapa

La penetración del punzón de formado se controla mediante resortes, como se muestran en la figura 7.22 los elementos principales de esta estación son la placa de impacto, los punzones y los resortes que controlan la fuerza de formado. La placa de impacto se apoya sobre el despegador, el punzón tiene una carrera máxima de 0.093", cuando alcanza esta penetración la placa de impacto hace contacto con los punzones, en este momento, no importa cuanto más penetre el troquel, los punzones de formado ya no penetraran mas, ya que la placa de impacto los forzara hacia arriba y evitara que sigan penetrando. Como ya se comento la función de los resortes es la de proporcionar la fuerza necesaria para el formado de la grapa y la de amortiguar en el momento en la que los punzones de formado alcanzaron la penetración deseada y previamente calibrada. Si la fuerza de los resortes no fue bien calculada, si los resortes están muy fatigados o si no se calibro bien la fuerza al momento del ensamble del troquel, el punzón de formado de grapa no tendrá la fuerza necesaria para hacer el trabajo deseado.

Otra operación de punzonado que se realiza en esta operación es la de punzonado del diámetro interior del rotor. El diámetro del punzón utilizado debe de ser muy preciso ya que un problema muy común es que después de formado el rotor el diámetro interior del mismo se cierra, esto es debido a muchas condiciones, como variaciones en ñas propiedades del material, concentricidad del rotor debido a las condiciones de

operación, desgastes etc. Para determinar el diámetro adecuado se debe de conocer muy bien la historia del comportamiento de troqueles similares, las tolerancias del producto, la variación del material, si es un nuevo producto, es conveniente realizar pruebas con diferentes diámetros de punzón hasta obtener el adecuado.

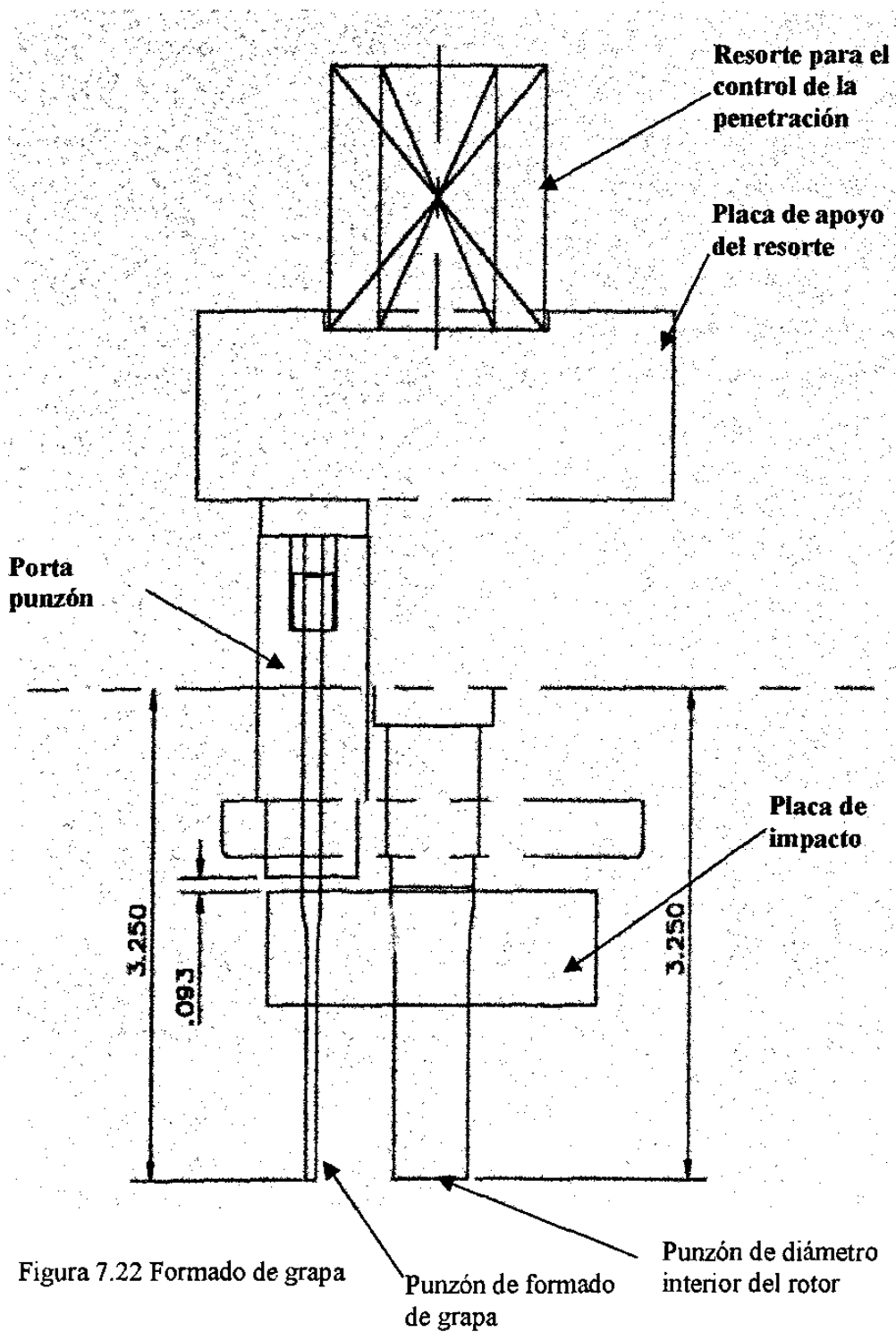


Figura 7.22 Formado de grapa

Los componentes principales de esta estación son la matriz de formado de grapa, el punzón formador de grapa, el punzón de diámetro interior de rotor y la matriz para el mismo punzón, a continuación se muestran el dibujo de cada una de estos componentes.

La figura 7.23 muestra la matriz del formado de la grapa, es básicamente similar a la matriz de recorte de grapa que se utiliza en la estación numero 3. La figura 7.24 muestra el punzón de formado de la grapa, la figura del punzón es básicamente de acuerdo a las dimensiones del producto. El punzón y la matriz para el diámetro interior del rotor se muestran en las figuras 7.25 y 7.26 respectivamente, estas piezas no presentan mayor detalle de diseño, la única característica importante a considerar es que la matriz debe contar con el sistema de retención de rebaba, este sistema no es mas que una micro ranura maquinada a lo largo de la pared interior de la matriz, esta ranura generara una rebaba muy pequeña en la semilla o desperdicio del punzonado, esta rebaba ayudara a que el desperdicio se amarre contra el interior de la matriz evitando que este se devuelva hacia arriba.

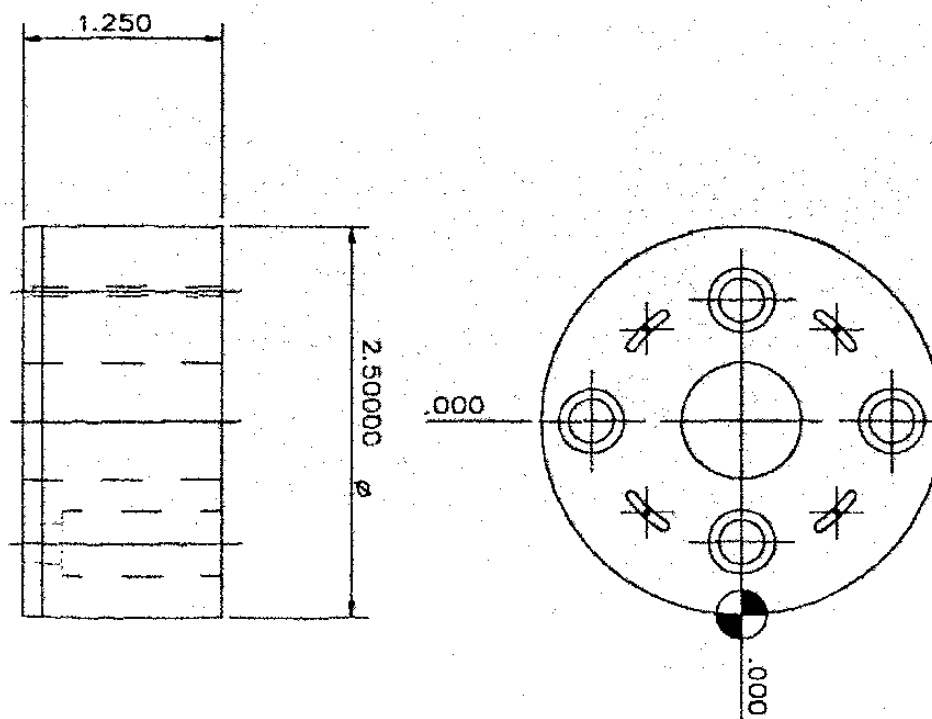


Figura 7.23 matriz de recorte de grapa

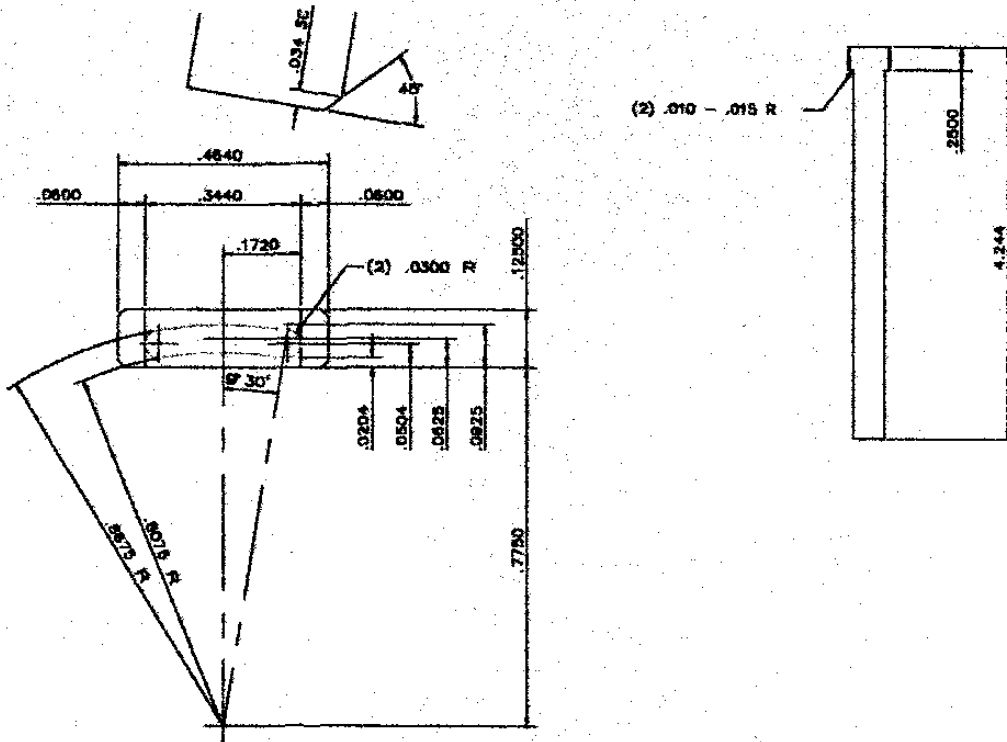


Figura 7.24 Punzón de formado de grapa

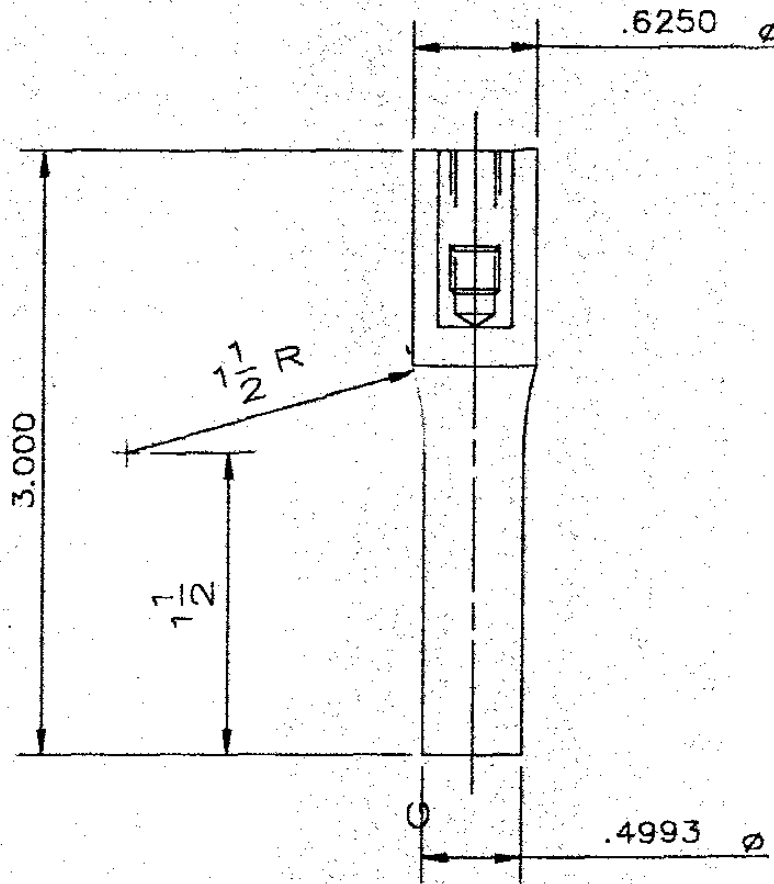


Figura 7.25 Punzón de diámetro interior de rotor

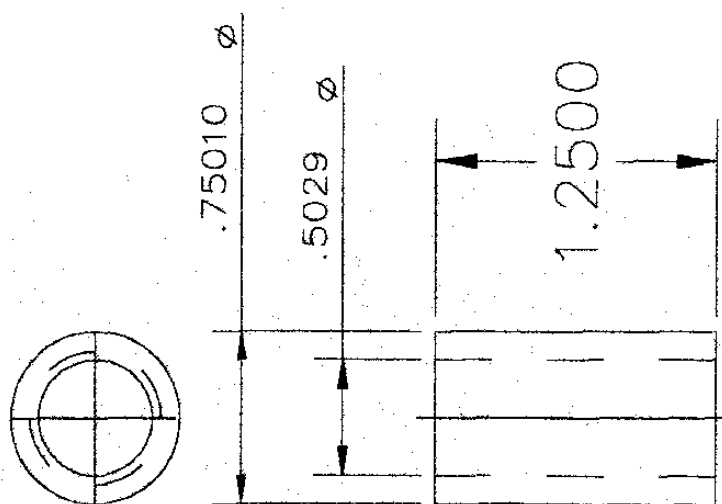


Figura 7.26 matriz de diámetro interior de rotor

rotor y embutirla a través de la matriz rotacional, el punzón de grapado, cuya función es la de forzar las grapas de una lamina contra las cavidades formadas por las mismas grapas de la lamina anterior. En la parte inferior del dibujo se muestra la matriz rotacional cuya función básica es la de punzonar el diámetro exterior del rotor, después esta el anillo de retención, la función de este anillo es la de oponer resistencia al flujo de la lamina. Como se comento, el punzón recorta y embute las laminas de rotor a través de la matriz rotacional hasta salir por el lado opuesto, para que se pueda producir el grapado se requiere que exista una fuerza de reacción que impida el flujo libre de las laminas, en el dibujo se indican un par de fuerzas, una radial y otra axial, estas fuerzas actúan como yunque permitiendo las lengüetas de grapado se ensamblen unas sobre otras. Por ultimo, tenemos el barril rotacional, cuya función principal es la de transmitir el movimiento de rotación que necesita el rotor para obtener el ángulo o inclinación de las laminas. Además, la matriz y el anillo de retención se ensamblan sobre el barril para poder girar juntos. El diseño de esta estación es complejo para entenderlo veamos el dibujo de la figura 7.29 en ella se muestra la vista de planta de esta estación.

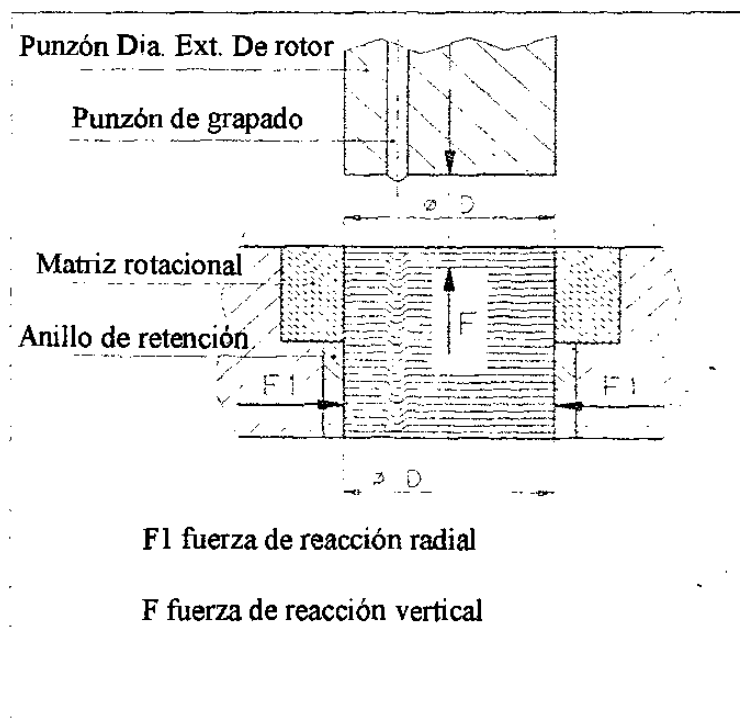


Figura 7.28 Proceso de corte y Grapado de rotor

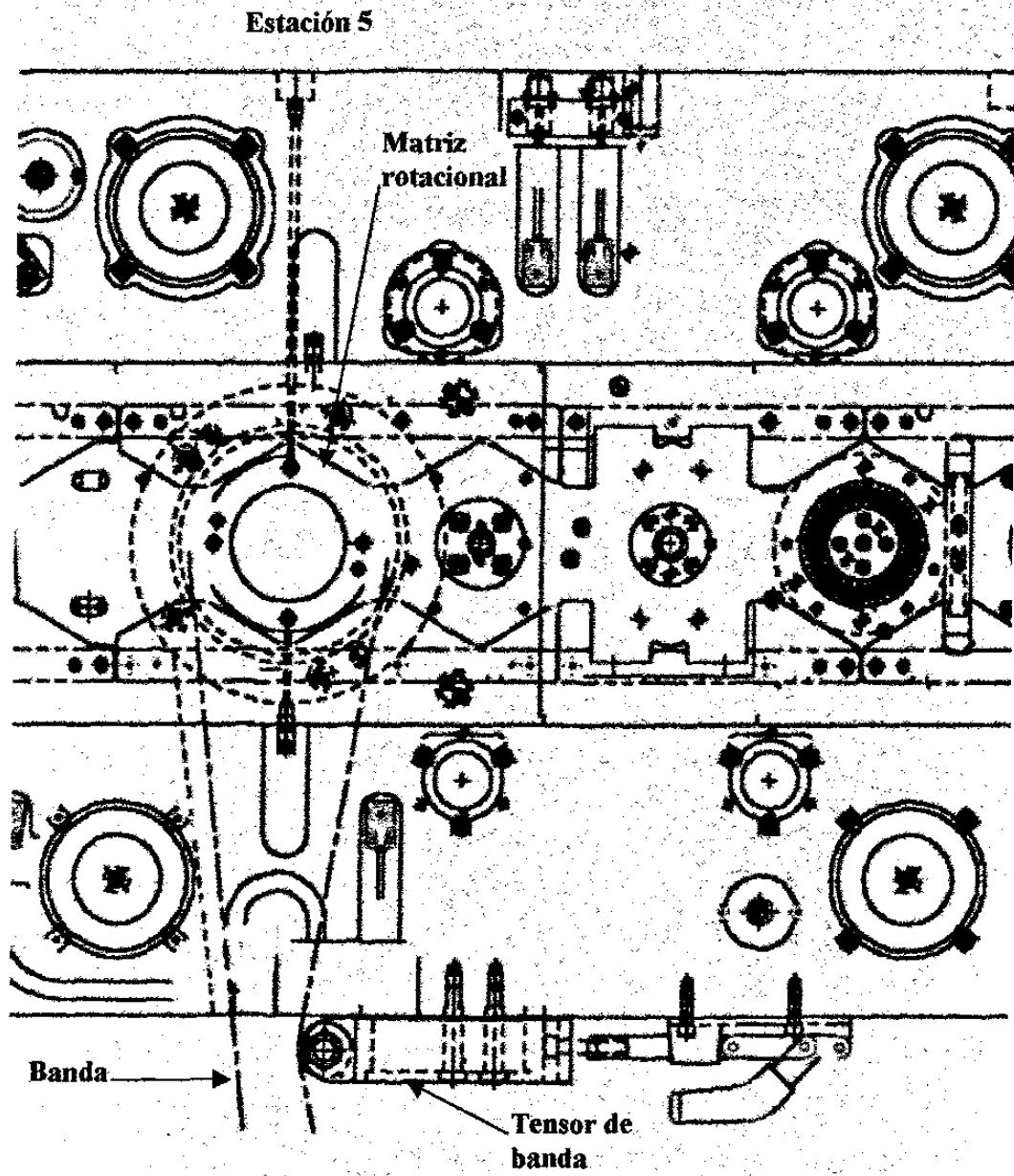


Figura 7.29 Estación 5 vista de planta

En esta vista de planta de la estación 5 se muestra un componente muy importante, la banda de tiempo, como se comento, en esta estación se produce el ángulo característico del rotor además de giros adicionales que se le deben de dar por condiciones o requerimientos del producto. Para poder obtener este giro, la matriz rotacional es impulsada por un servomotor, este servomotor esta conectado a la matriz rotacional a través de una banda de tiempo que es la que se muestra en la figura anterior. El servomotor se monta sobre la platina de la prensa utilizando una base especial, en la figura 7.30 se muestra este sub ensamble en elevación. Se utilizan dos poleas dentadas de tiempo, una conectada al servomotor y la otra conectada al barril rotacional.

La operación de rotación es una operación muy complicada, se requiere de gran precisión en la fabricación, cualquier variación en tolerancias ocasionara problemas constantes en la operación, los más comunes son problemas de concentricidad, ya que al girar es imposible que una lamina coincida perfectamente con la otra. para poder girar se requiere que haya cierta holgura entre el barril rotacional y el alojamiento, pero esta holgura debe de ser la mínima necesaria, el barril debe ser fabricado con una tolerancia maxima en concentricidad de $0.0002''$, por otro lado, la fricción debe de eliminarse al máximo, ya que un troquel de este tipo corre a velocidades promedio de 300 golpes por minuto.

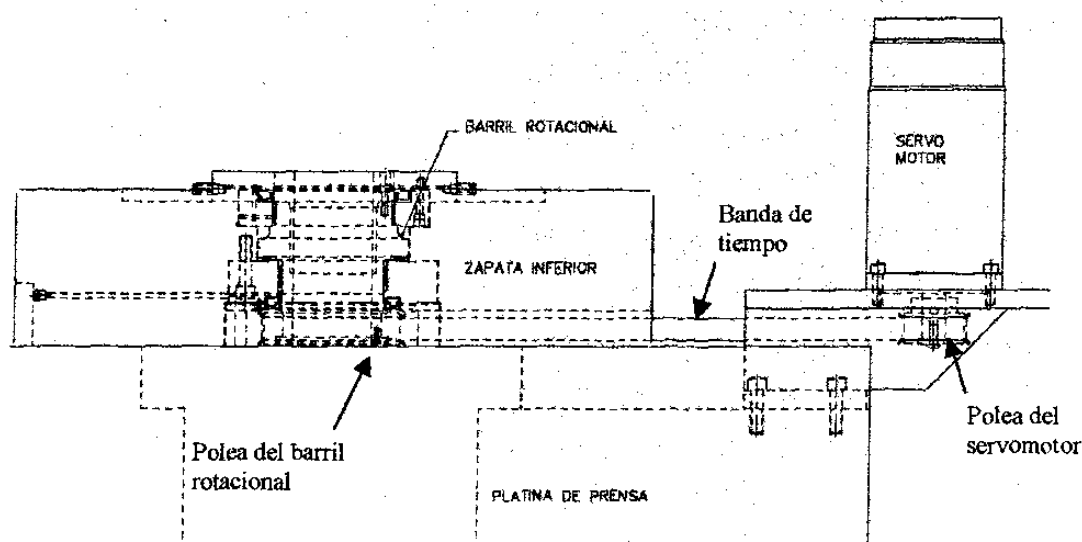


Figura 7.30 Ensamble de matriz rotacional y servomotor

La mejor solución para obtener la mínima holgura entre barril y alojamiento y la mínima fricción es utilizar baleros de agujas de alta precisión, se utilizan dos tipos de baleros, un par de baleros de agujas radiales cuya principal función es permitir que el barril gire con la máxima concentricidad posible. Para el rotor que se debe producir, la máxima concentricidad aceptable es de $0.002''$, los baleros deben asegurar el giro del barril por debajo de este límite. Cuando la concentricidad sobre pasa los límites, lo más recomendable es revisar los baleros y cambiarlos de ser necesario, muy seguramente ya se desgastaron. El otro tipo de baleros utilizados en esta operación son baleros de agujas axiales, el barril rotacional está sometido a un gran esfuerzo axial, este esfuerzo es debido a dos condiciones, una la del esfuerzo de corte producido al recortar el diámetro exterior del rotor, y el otro debido a la fuerza de restricción necesaria para el grapado del rotor, estas dos fuerzas se mostraron en la figura 7.28. debido a este par de fuerzas, la matriz rotacional está sujeta a una gran fuerza axial, si no se utilizara este tipo de baleros axiales, el giro de la matriz produciría rápidamente desgastes considerables en el alojamiento y en el barril mismo. Aun así los esfuerzos a los que está sometido esta estación son impresionantes, sobre todo debido a la velocidad de trabajo y la cantidad de piezas que deben producir en un día, alrededor de 200,000, es imprescindible insertar una camisa en la zapata inferior que sirva de alojamiento, esta camisa debe estar templada a una dureza mínima de 62 Rc. De esta forma si se requiere reparar el alojamiento es más fácil cambiar este inserto que maquinar la zapata, sería muy caro y la concentricidad difícilmente se podría mejorar. Por otro lado, esta estación debe contar con venas de lubricación, ya sea para lubricación manual o automática, solo de esta manera se puede lograr una larga vida de los baleros, además de reducir el calentamiento, es muy común que un barril rotacional se fracture debido a exceso de calentamiento. En la figura 7.31 se muestra una sección del barril rotacional indicando todos los detalles antes mencionados. En esta figura también se muestra el punzón de corte de la lámina de rotor, se indica un punzón de grapado, deben ser cuatro en total, pero se incluye solo uno para apreciar mejor el dibujo, una cota indica la dimensión de $0.023''$, esta es la altura a la que deben ser calibrados los punzones de grapado, la máxima tolerancia en esta dimensión es de $\pm 0.002''$, variaciones mayores produzcan grapado débil del rotor y por conclusión piezas defectuosas. Otro detalle que

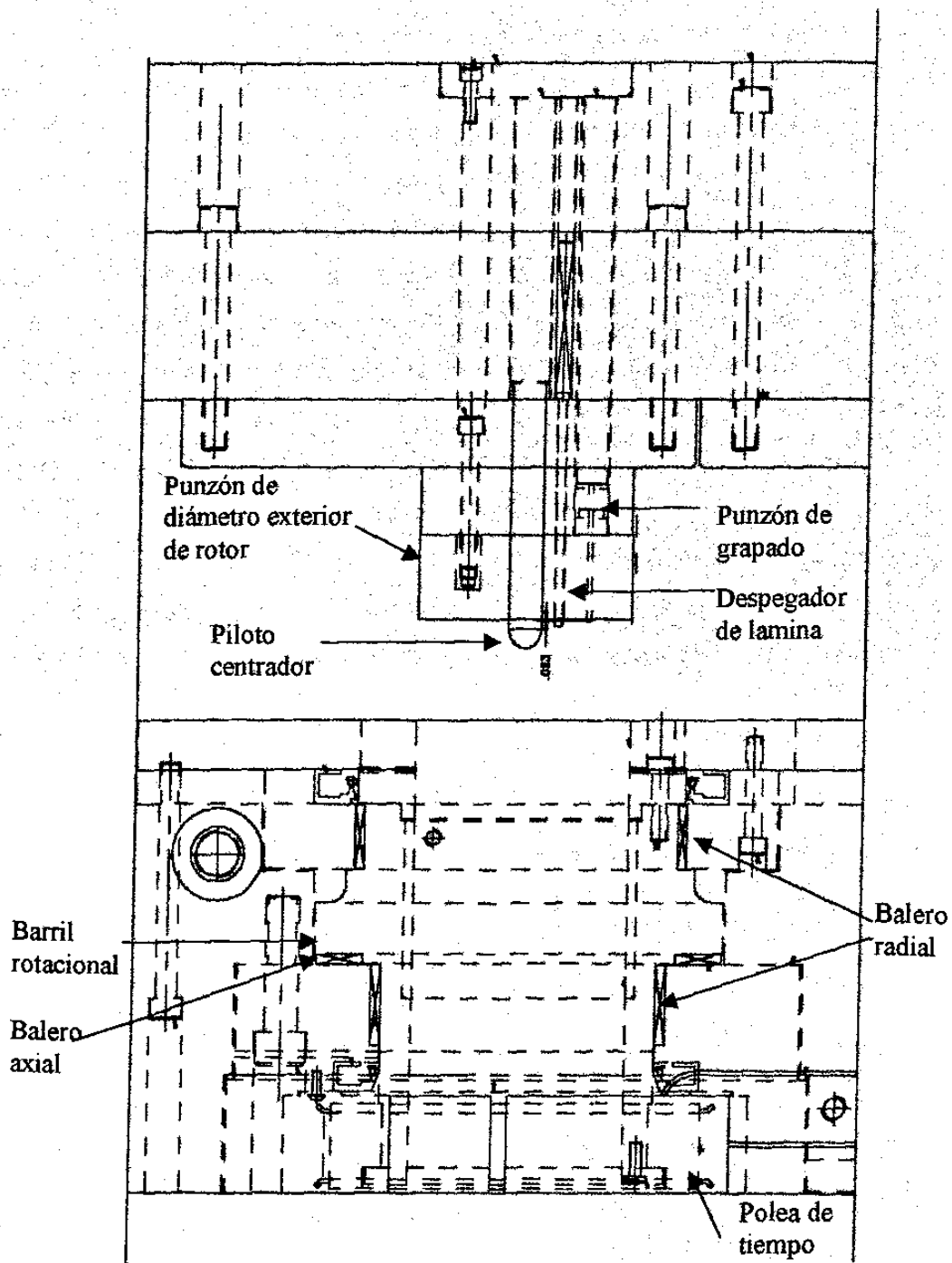


Figura 7.31 Estación 5 del troquel

se muestra en esta figura es el piloto central de la estación. Como se comento en párrafos anteriores, al girar la matriz rotacional ocasiona que las laminas sean grapadas en forma excéntrica una de otra, esto es normal ya que es imposible que al girar lo hagan perfectamente sobre su centro, ya se explico que para reducir este efecto se utilizan baleros de agujas de alta precisión, pero otro método para reducir este efecto es la de utilizar un piloto como el mostrado en la figura 7.31, este piloto ayuda a centrar las lamina de rotor antes de que sea grapada. El piloto se fabrica con la mínima tolerancia del diámetro del rotor, para que el troquel siga trabajando con buena concentricidad y diámetro interior bueno incluso cuando esta cerca de la mínima dimensión aceptable. Tambien se recomienda incluir despegadores de material como los mostrados en la figura 7.31, ya que es normal que el piloto trate de jalar la lamina, sobre todo cuando el diametro de la lamina esta muy cerca del limite inferior.

Para terminar se incluirán los dibujos de los componentes principales, la figura 7.32 muestra el dibujo del punzón de corte del rotor, la figura 7.33 muestra el dibujo del punzón de grapado, en la figura 7.34 se muestra el dibujo de la matriz rotacional, el dibujo 7.35 muestra el barril rotacional, y por ultimo aparece el anillo de retención en la figura 7.36

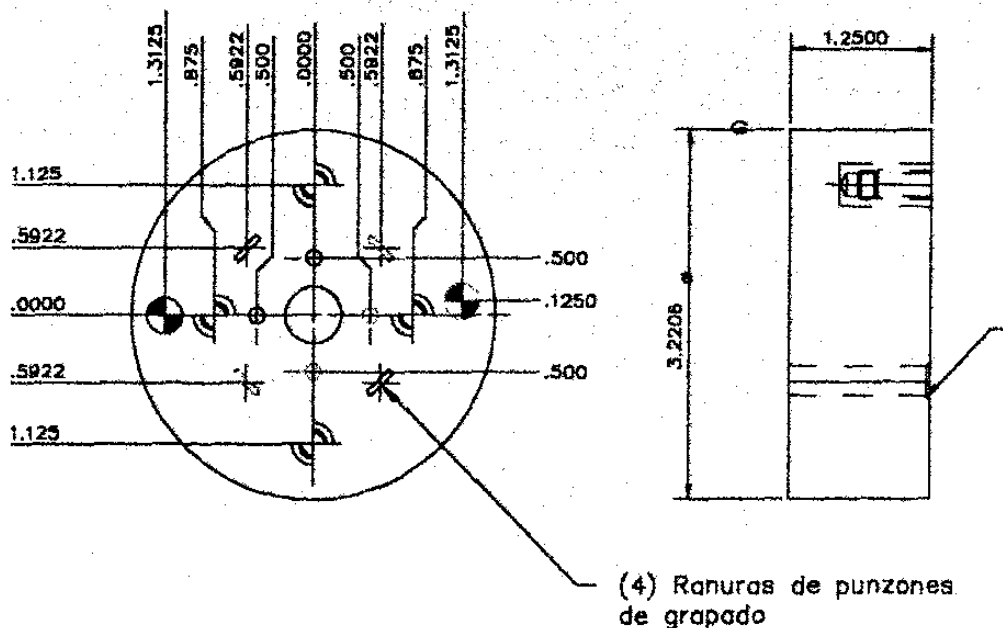


Figura 7.32 Punzón diámetro exterior de rotor

Como se indica en el dibujo, el punzón de grapado se fabrica junto con un anillo separador, este anillo quedara ensamblado entre la cabeza del punzón y la superficie del punzón de recorte de lamina de rotor, que en este caso hace la función de porta punzón. El anillo se fabrica en acero y su función es la de calibrar la altura de penetración del punzón, cada que el punzón sea rectificado este anillo deberá ser rectificado una cantidad igual a la del punzón, de esta manera se mantiene siempre la misma altura o largo del punzón.

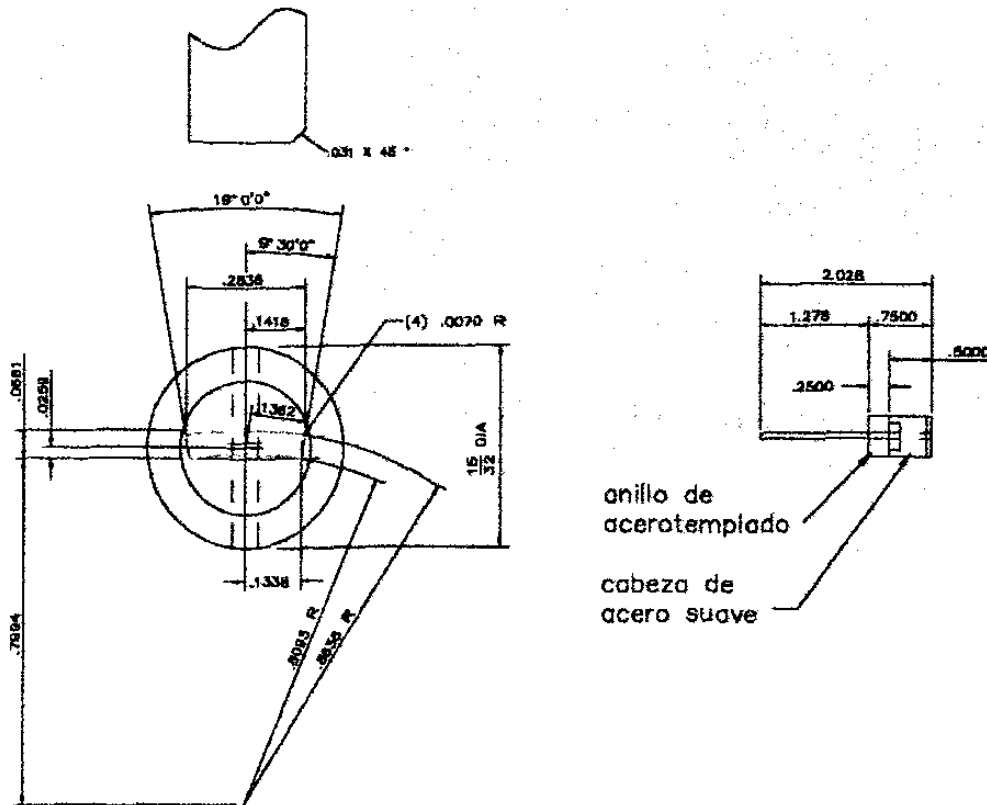


Figura 7.33 Punzón de grapado

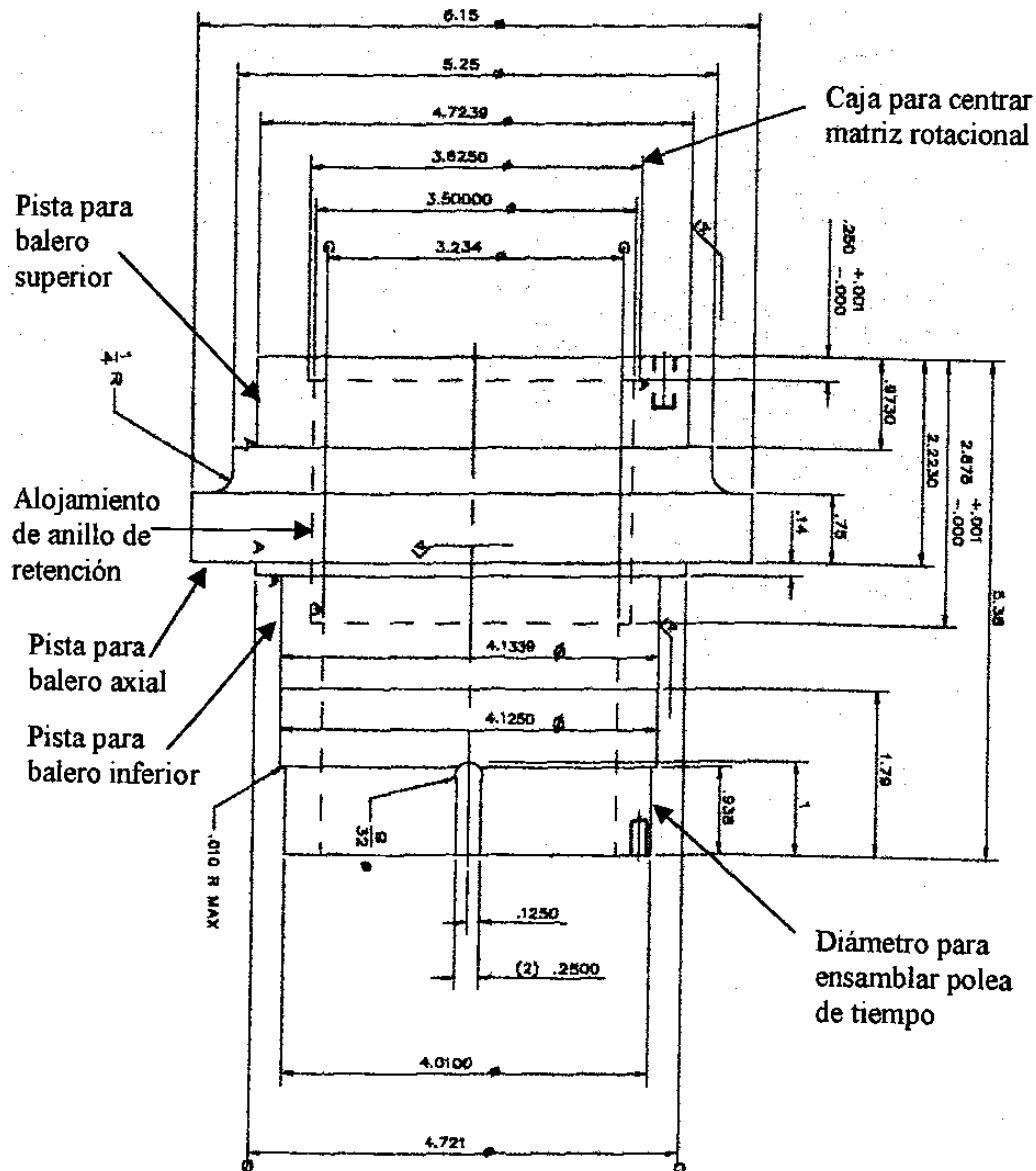


Figura 7.35 Barril rotacional

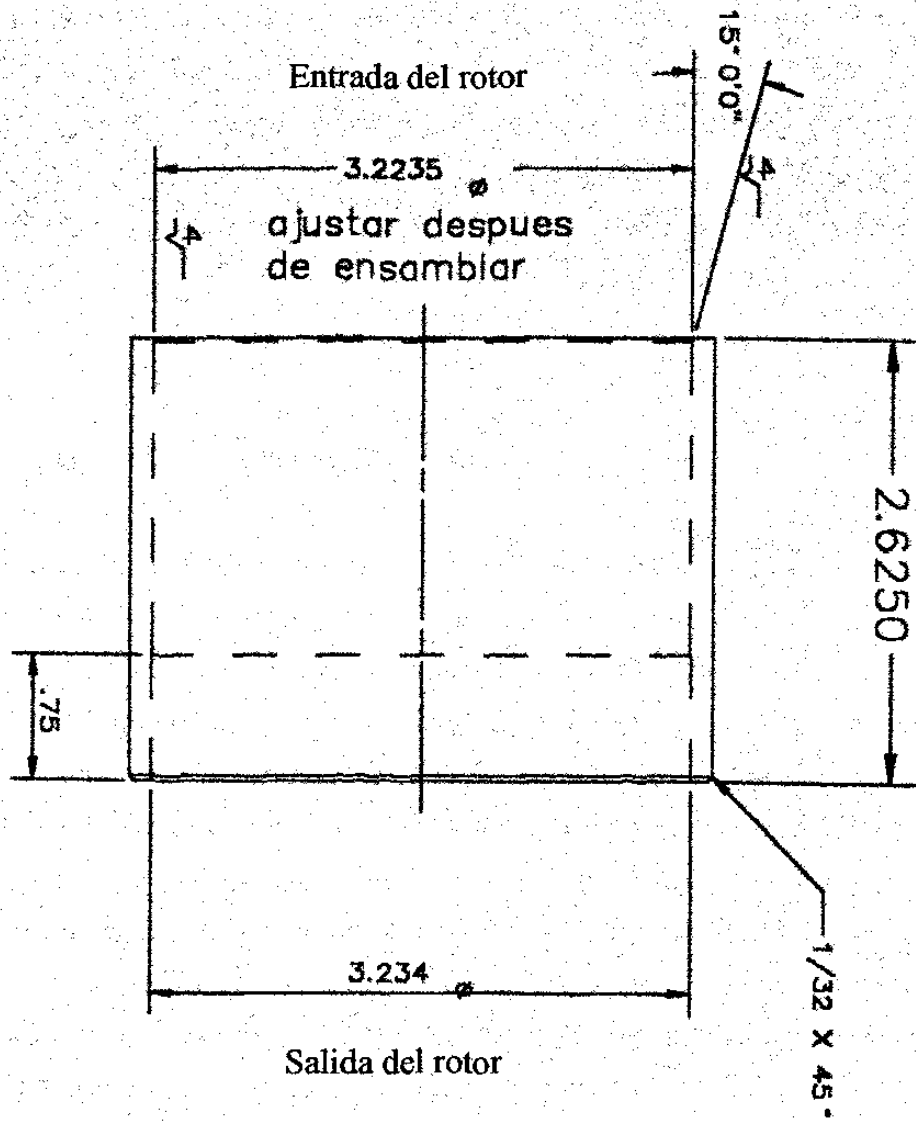


Figura 7.36 Anillo de retención

7.6 Estación vacía

Como ya se comentó en el desarrollo de la tira de acero, se decidió dejar una estación vacía en la estación 6, esto quiere decir que en esta estación no se realizara ningún trabajo de troquelado. Como se puede observar en el dibujo 7.1, la matriz rotacional consume mucha área, el barril rotacional es de gran volumen y prácticamente atraviesa todo el troquel, esto ocasiona un gran debilitamiento de la zapata inferior, para evitar una falla por sobre esfuerzo es mejor dejar un espacio libre. Por otro lado, la estación 7 también requiere área considerable, de acuerdo a la distancia entre centros que debe de haber entre cada matriz no sería posible acomodar esta estación junto a la estación 5.

7.7 Punzonado de ranuras del estator

La estación siete es la estación que sirve de inicio del formado de la laminación de estator. En esta operación se punzonan las ranuras de estator, es similar a la estación de punzonado de ranuras de rotor, los punzones y matrices utilizados en esta estación se analizarán más adelante. En un inicio del troquelado de laminación, primero se troquelaba el diámetro interior del estator y después se punzonaban las ranuras, muchas compañías lo siguen haciendo así por facilidad de diseño y costo de fabricación, pero este diseño representa muchos problemas para el control del diámetro interior del estator, ya que es muy común que el diámetro se deforme, dando como resultado el problema de perfil de huevo. Para eliminar este problema es preferible intercambiar de posición estas dos operaciones. La figura 7.37a muestra el dibujo de la tira de acero, comparando con el dibujo de la laminación estator terminada figura 7.37b se puede ver que después del punzonado de las ranuras las patitas o dientes del estator siguen unidas entre sí además falta calibrar el diámetro interior del estator, el proceso de punzonar las ranuras sin separar las patitas es el que controla que el diámetro interior del estator no se deforme o adquiera el perfil de huevo.

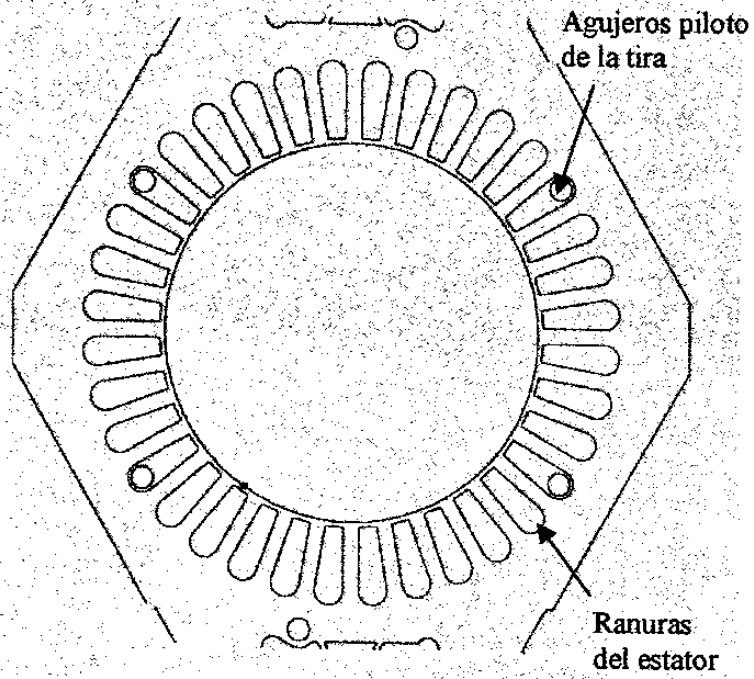


Figura 7.37 a. Tira de acero estación 7

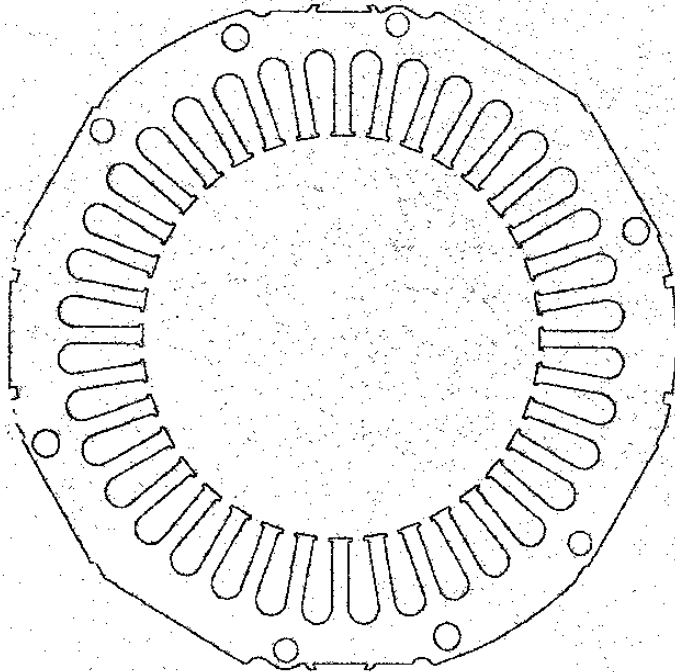


Figura 7.37b Laminación estator

Una decisión importante en esta estación es decidir que tipo de diseño se elegirá para fabricar la matriz de punzonado de ranuras de estator. al igual que en la estación de punzonado de ranuras de rotor, la matriz puede fabricarse en diseño seccionado o de segmentos, puede fabricarse en diseño tipo galleta o sólido, en el caso del estator se puede tomar una tercer consideración, fabricar una matriz semi sólida, esto significa que se pueden fabricar una matriz en varias secciones, solo que estas secciones contarán con mas de una ranura cada una, para entender este diseño analicemos la figura 7.38, en ella se muestra el diseño de la estación 7 en vista de planta.

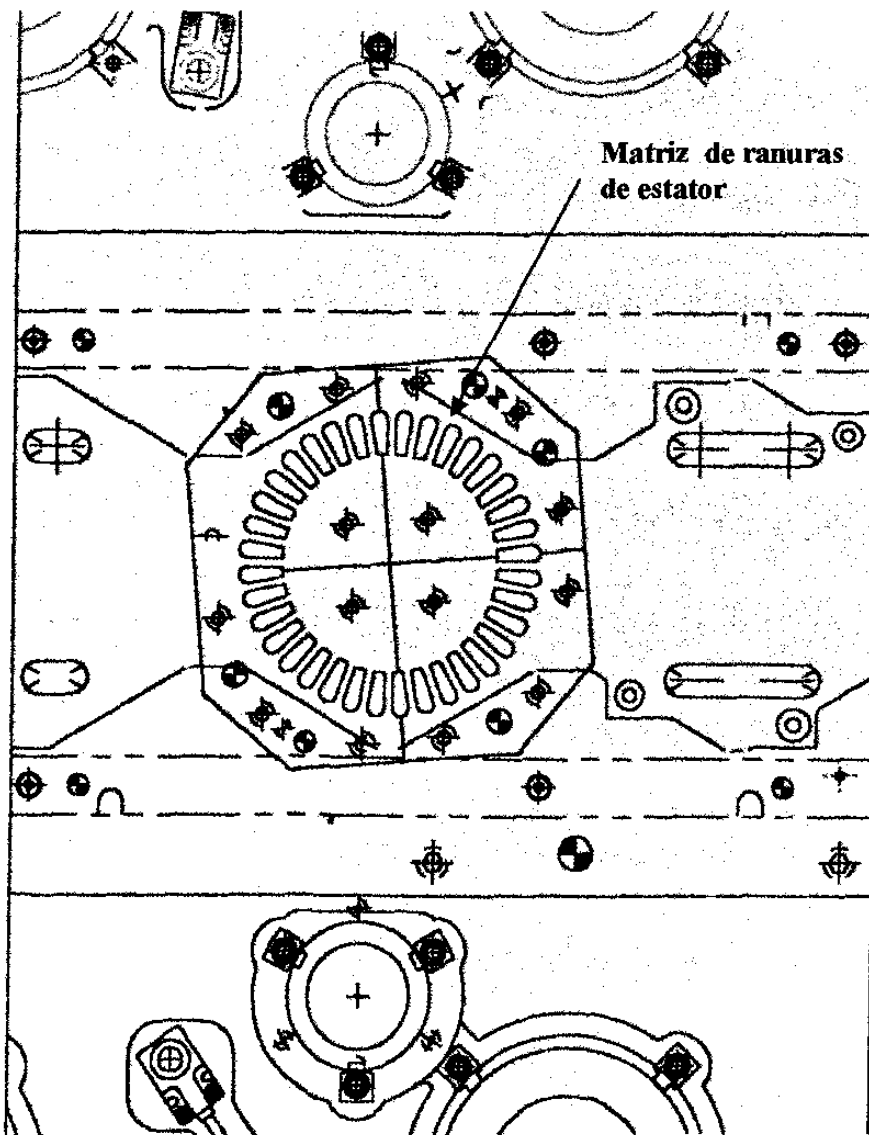


Figura 7.38 Estación 7

De acuerdo al dibujo de la figura 7.38 el diseño que se eligió para la fabricación de la matriz de ranuras de estator fue el diseño semi sólido en lugar del diseño segmentado, como fue el caso de las matrices de ranuras de rotor, la explicación es que como las ranuras en el estator son más grandes que en el rotor no son tan fáciles que se despostillen, por lo tanto el costo de mantenimiento no es un factor tan importante, en cambio el costo entre una matriz sólida y una semi sólida si debe tomarse en cuenta, ya que la mayor parte de las veces se requiere cambiar solo un segmento, como la matriz es de tamaño considerable, remplazar una matriz sólida tiene un impacto fuerte en costo. Por otro lado, es más barato tener en existencia solamente uno o dos secciones que tener una matriz completa. Además, Con el diseño semi sólido se mantiene un buen costo de mantenimiento y remplazo, además de reducir tiempo de mantenimiento y ajustes. En la figura 6.21 se muestra el dibujo de una sección de la matriz semi sólida, la matriz completa esta formada por cuatro secciones. En la figura 7.39 se muestra el diseño de la matriz de ranuras de estator. la matriz esta encajonada en la zapata inferior, se sujeta con cuatro tornillo cabeza embutida, aun y cuando queda encajonada y no tiene forma de moverse, se utiliza un perno guía que asegura su correcta alineación al momento del ensamble.

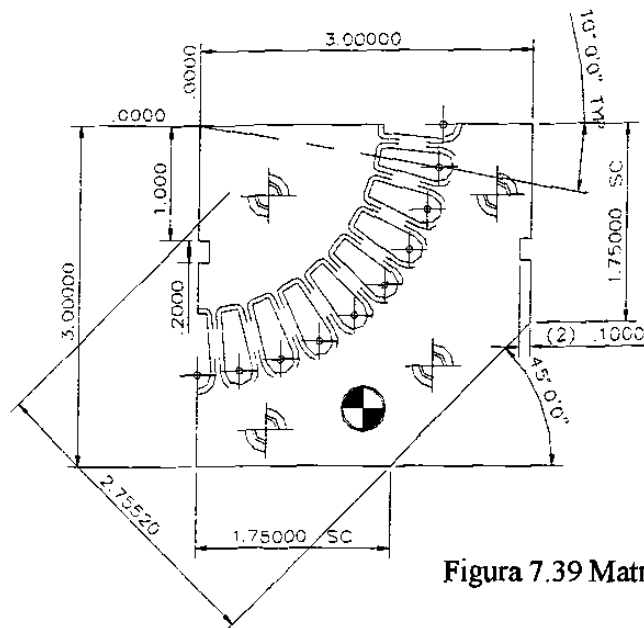


Figura 7.39 Matriz ranuras de estator

El otro elemento importante en esta estación es el punzón para las ranuras del estator, el diseño de los punzones es sencillo, su diseño es sencillo, para hablar del primero analicemos la figura 7.40, en ella se muestra la estación 7 en elevación y se indican los elementos más importantes involucrados con el funcionamiento de los punzones, como son el porta punzón, el anillo de retención, la sufridera y el inserto del despegador.

De los elementos auxiliares, el inserto del despegador es el de mayor importancia para el diseño, ya que al igual que los punzones de ranura de rotor, estos punzones se diseñan con el sistema flotante, esto quiere decir que los punzones flotan en el porta punzón y es el inserto del despegador el que controla la alineación de los punzones contra las matrices.

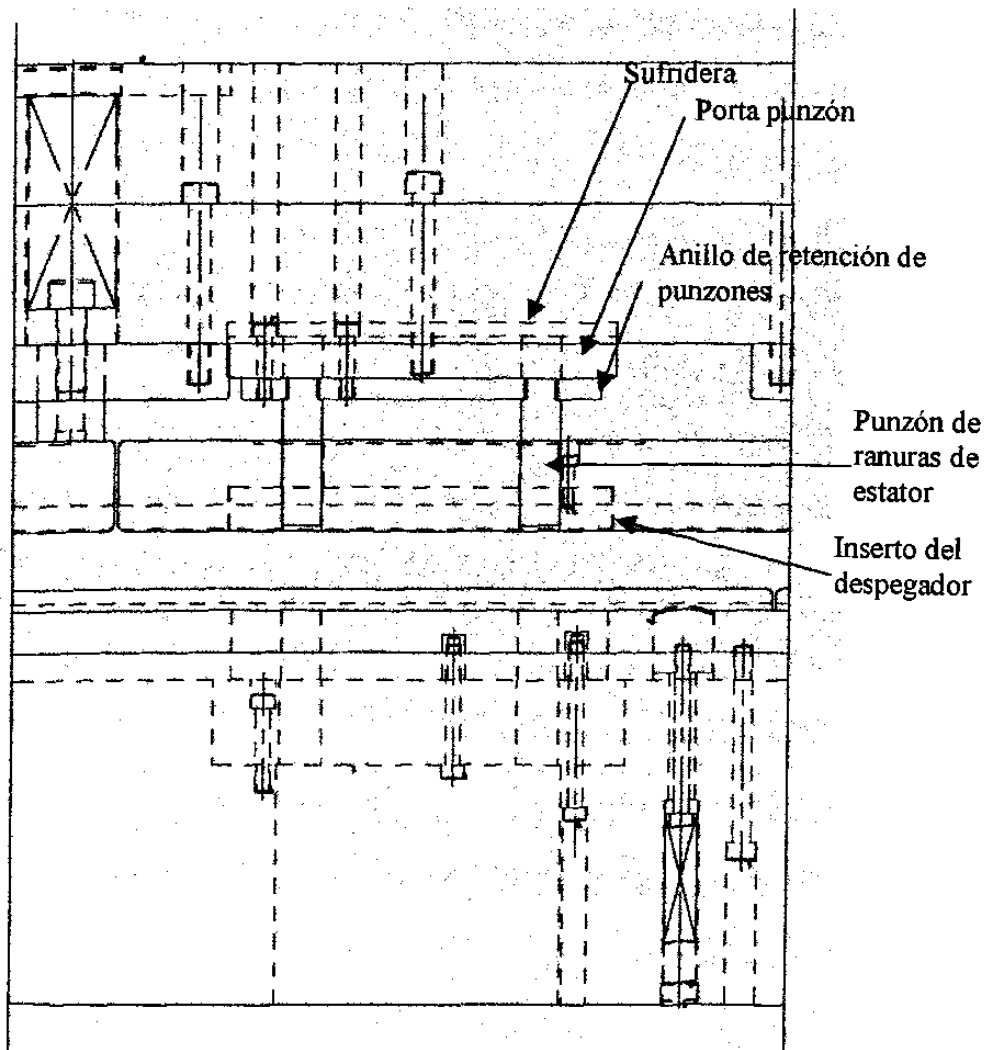


Figura 7.40 estación 7 en elevación

Por otro lado, esta estación está sometida a un esfuerzo muy grande, ya que el área acumulada de los punzones ocasiona que esta área consuma más esfuerzo de corte que otras estaciones, debido a esto, la placa sufridera debe estar en perfectas condiciones ya que es la que soporta todo el esfuerzo de corte, una placa sufridera desgastada puede ocasionar fallas frecuentes en los punzones como despostilladuras. Otra condición que afecta al deterioro de la placa sufridera es el agua que se acumula debajo de la placa al momento que se le da el rectificado general al troquel, esta agua es muy difícil que se salga, con el tiempo produce corrosión en la zapata, esta corrosión se manifiesta en forma de cráteres, lo cual implica que la placa sufridera tenga una área de apoyo falsa, al ocurrir esto es muy común que la placa sufridera se fracture ocasionando fallas en el punzonado de las ranuras de estator.

Como ya se comentó los punzones se fabrican bajo el sistema flotante, el diseño del punzón es similar al del punzón de ranuras de rotor, el punzón se corta con hilo donde la figura de la ranura del estator a todo lo largo del cuerpo, produciendo un punzón de forma recta, una ranura en la parte superior del punzón facilita la sujeción al porta punzón mediante el anillo de retención, en la figura 7.40 se indica este anillo, es un anillo partido el cual se atomilla por la periferia exterior de los punzones, controla el movimiento vertical de los punzones, cuando el troquel va en su carrera ascendente y el despegador despegó el material de los punzones, los punzones son jalados hacia fuera, el anillo controla que los punzones no se salgan del porta punzón y que el material sea despegado en forma correcta. El proceso de despegado demanda también una fuerza considerable, este esfuerzo es soportado principalmente por los tornillos que sujetan el anillo de retención, es muy común que los tornillos se fracturen y los punzones se desprendan del porta punzón ocasionando fallas en el troquel. Se recomienda revisar este anillo periódicamente, asegurando que se mantiene plano, sin desgaste y en general en buenas condiciones, se debe reemplazar cuando se aprecien variaciones. El anillo debe fabricarse en acero herramienta, principalmente acero D2, y endurecerse hasta alcanzar una dureza de 60-62 Rc. Los tornillos de sujeción de este anillo deben ser revisados cada que el troquel se repare o se le de mantenimiento, se debe asegurar que están bien apretados y que las cabezas están en buenas condiciones.

El porta punzón es un diseño convencional, se fabrica en una sola pieza, en ella se erosionan todas las ranuras para alojar a los punzones, debe fabricarse en acero herramienta, principalmente acero D2 y templarse con una dureza de 60-62 Rc. Para terminar con la explicación de esta estación, en la figura 7.41 se muestra el diseño del punzón de las ranuras de estator, al igual que todas las matrices y punzones se fabrican en acero Planzee.

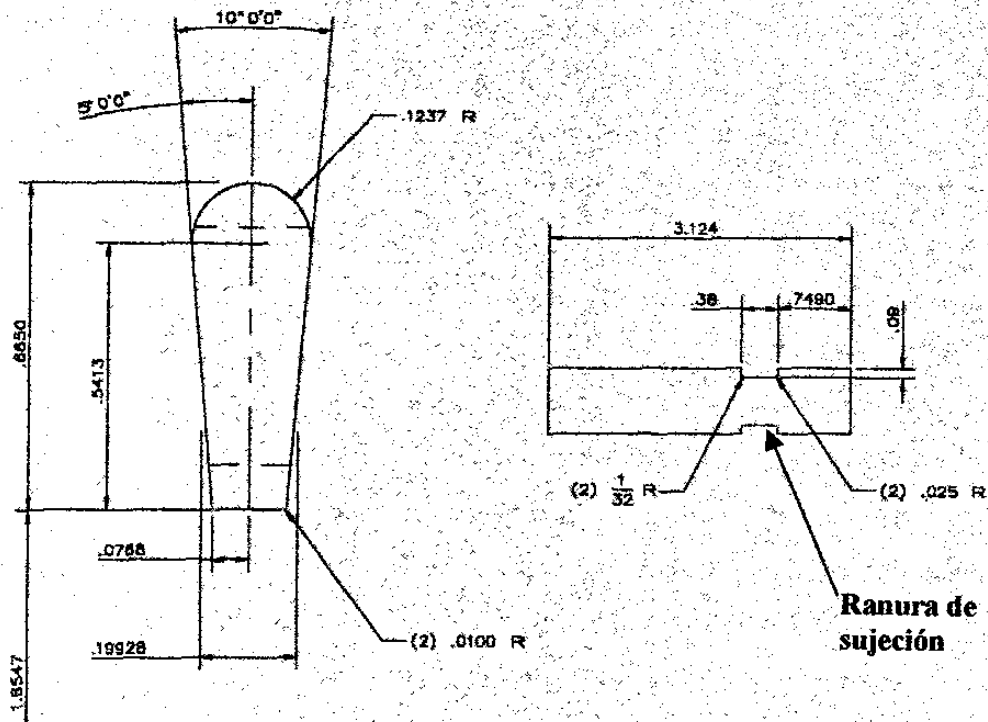


Figura 7.41 Punzón ranura de estator

7.8 Estación de rasurado

Como ya se comentó en el desarrollo de la tira de acero, se decidió dejar otra estación vacía en la estación 8, esto quiere decir que en esta estación no se realizara ningún trabajo de troquelado, la explicación es la misma que se dio en el punto 7.6, la estación 7 y la estación 9 ocupan una gran área de trabajo, de acuerdo a la separación que debe haber entre cada estación, no hay espacio suficiente entre ambas estaciones para acomodar una estación, por lo cual la siguiente estación de trabajo será la de la estación 9.

En la estación 9 se ejecuta otra de las operaciones más relevantes del troquel, esta estación se conoce como la estación de rasurado porque en ella se punzona el diámetro interior del estator. La cantidad de material que remueve es muy poca, y la precisión con la que tiene que obtenerse el diámetro debe ser muy exacta es por eso que esta operación se conoce como rasurado. Pero no solamente se punzona el diámetro interior del estator, también se punzona el diámetro exterior. Esta doble operación es lo que le da el grado de importancia e impacto en el resultado final. Como se comentó antes, una de las características más críticas del estator es la concetricidad entre su diámetro interior y el diámetro exterior, la práctica común era realizar el punzonado del diámetro exterior y el punzonado del diámetro interior en estaciones independientes, esto hacía el troquel más sencillo, pero sacrificaba precisión en concetricidad, la mejor forma de obtener la máxima precisión es realizar estos dos punzonados en la misma estación. En la figura 7.42 se muestra el diseño de la tira de acero indicando el punzonado de ambos diámetros. Como se puede observar el diámetro exterior del estator es en realidad segmentos de diámetro, seis segmentos circulares formaran el diámetro exterior del estator. Por otro lado, después del punzonado del diámetro interior las patitas quedaran perfectamente formadas y separadas una de la otra, prácticamente después de esta operación el estator está formado 100%, lo único que resta es separarlo del resto de la tira, esto se hará en la estación 11.

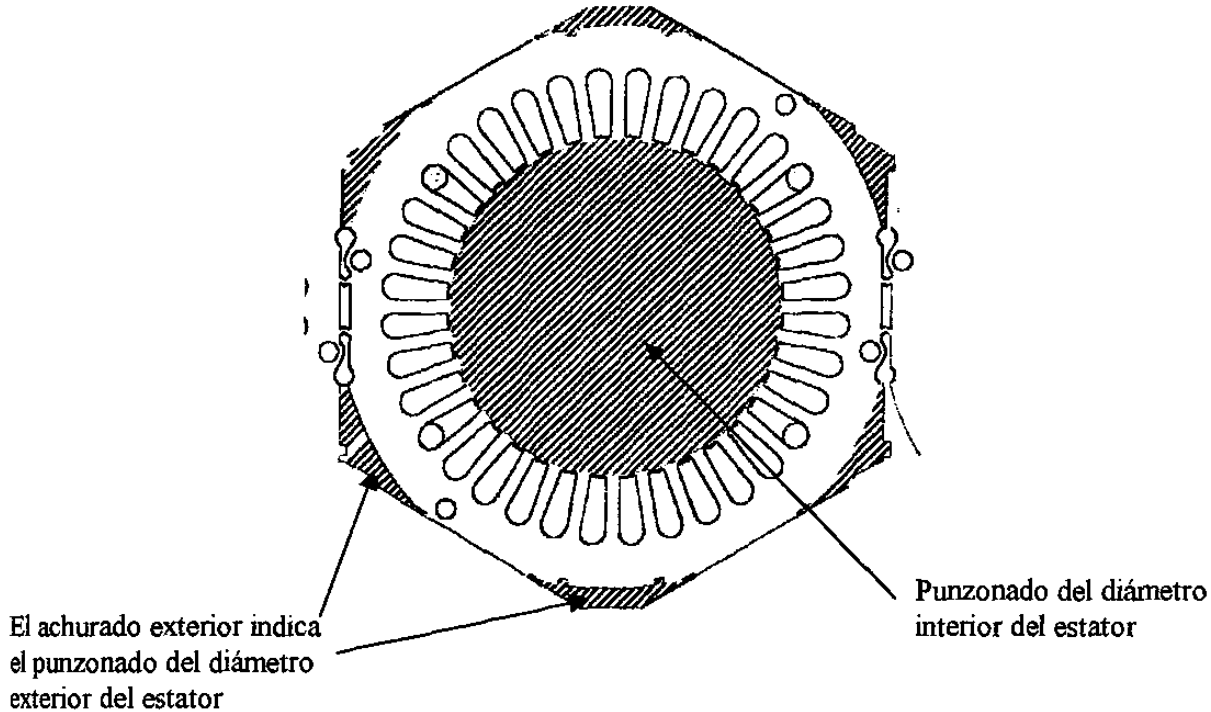


Figura 7.42 Estación 9 Punzonado del diámetro interior y exterior del estator

Se puede apreciar en cuatro de las ranuras del estator círculos, esto indica los agujeros que servían como agujeros pilotos en cada una de las estaciones, cada uno de estos agujeros coincide con una de las ranuras del estator, después de este punzonado estos agujeros desaparecen, como estos agujeros ya no pueden ser utilizados para pilotear la tira, a partir de esta estación se utilizarán los agujeros tornillo del estator para realizar esta función. Como la laminación estator está prácticamente desprendida de la tira, solamente queda unida por dos pequeñas secciones de material, los agujeros tornillo del estator deben estar libres de rebaba, ya que cuando comienzan a aparecer pequeñas rebabas, o el diámetro de los agujeros disminuye por falta de afilado de los punzones y matrices, los pilotos tienden a jalar la lamina hacia arriba, esto ocasiona que el material se doble, y al ser alimentado se produce una pérdida de paso, esto puede ocasionar

despostilladas importantes en el punzonado de ranuras de estator, punzonado de diámetro interior y punzonado de diámetro exterior del estator.

Para el punzonado de esta estación se realizó el diseño mostrado en la figura 7.43, como el diámetro exterior del estator esta formado por seis segmentos de diámetro, aparecen numerados del 1 al 6. se decidió diseñar seis matrices, una para cada sección de diámetro, de esta manera, cuando se dañe un segmento del diámetro solo será necesario afilar dicha sección. También se puede fabricar una sola matriz para el punzonado del diámetro exterior, de hecho algunos troqueles cuentan con este diseño, pero es demasiado costoso y riesgoso, ya que cuando la matriz se daña de una sola area es necesario afilar o remplazar toda la matriz. Una matriz de este tipo fabricada en una sola pieza costaría alrededor de 7000 dolares, comparado contra 1000 dolares que es el costo de una seccion. La ventaja del diseño de una sola pieza sería la precisión, ya que es mucho más fácil ajustar una sola pieza que seis, aun así el costo de mantenimiento vuelve mucho más rentable el utilizar el diseño seccionado.

Las seis matrices están encajonadas en el porta matriz, de cualquier forma se utilizan pernos guías, esto simplifica mucho el ensamble y alineación de las piezas. La matriz para el diámetro interior del estator se localiza al centro de la estación, queda encajonada por las matrices de diámetro exterior, y esta empernada a las mismas para lograr una perfecta alineación. Como se comentó inicialmente, además de punzonar el diámetro interior se deben de desprender las patitas del estator, después del punzonado de las ranuras las patitas permanecen unidas entre si, la matriz no es redonda, sino que cuenta con 36 nervios alrededor de su diámetro, estos servirán para punzonar y desprender las patitas del estator. esta matriz se fabrica sin ángulo de salida, como se comentó, este es un proceso de rasurado, debe de punzarse un anillo muy delgado de material, este anillo tiene un diámetro interior igual al diámetro exterior del rotor que fue de 3.225", el diámetro interior del estator deberá ser de 3.250", esto nos da un espesor del anillo igual a 0.0125", si la matriz contara con ángulo de salida el diámetro de corte crecería con cada afilada, esto ocasionaría pérdida de retención de la matriz, ocasionando que los anillos trataran de salir hacia arriba, este es un problema muy común cuando la matriz se va desgastando, la única forma de prevenirlo es utilizando una matriz sin ángulos de salida.

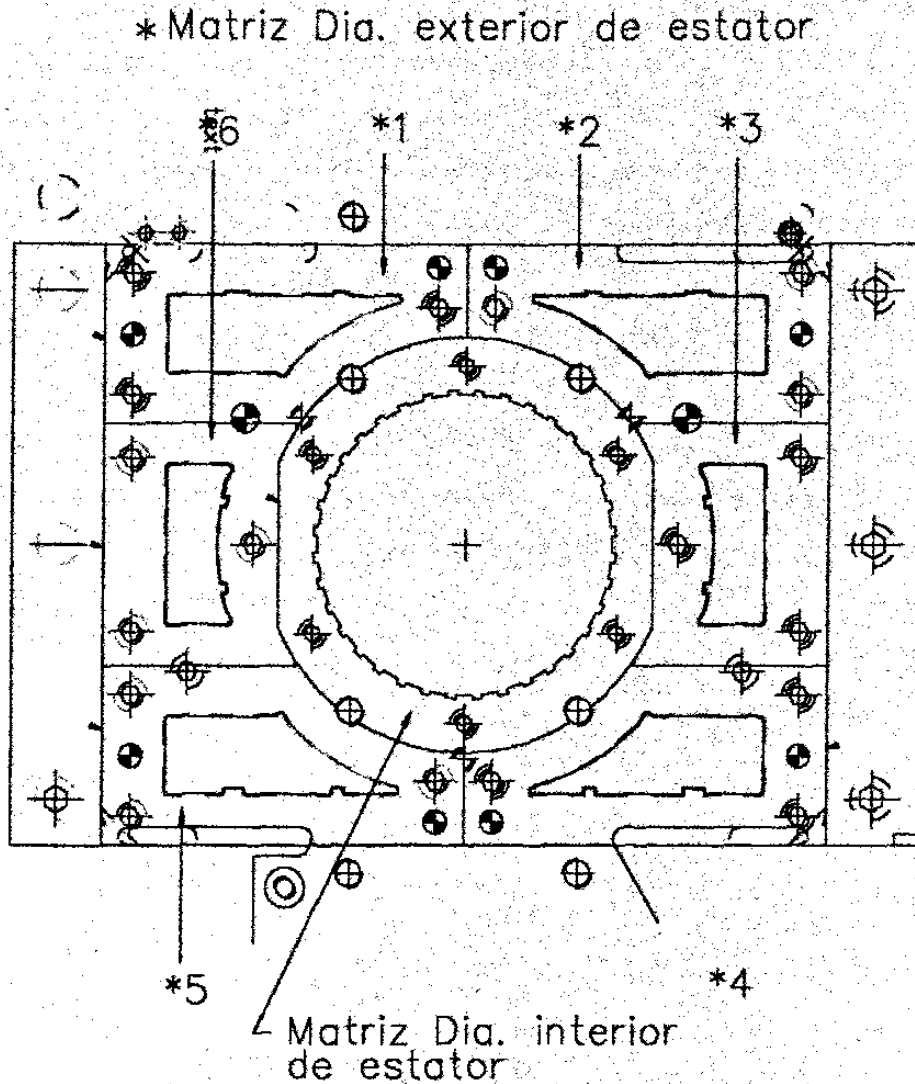
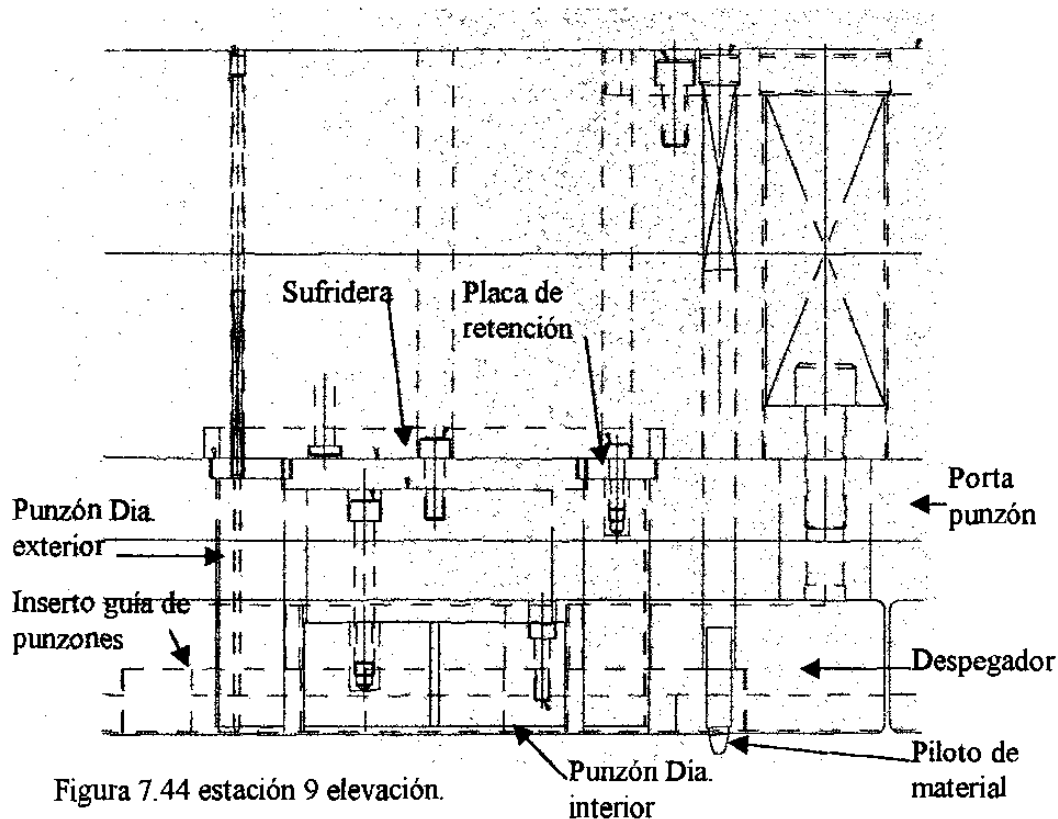


Figura 7.43 Estación 9, vista de planta

Para el punzonado de esta estación se diseñaron de igual forma seis punzones de diámetro exterior además del punzón de diámetro interior, todos los punzones se sujetan en porta punzón el cual esta fabricado en una sola pieza, esto se hace con la intención de eliminar variaciones debido al ensamble o fabricación, sobre el porta punzón se erosionan todas las cavidades con la posición exacta de cada punzón, el porta punzón debe fabricarse en acero grado herramientas, principalmente acero D2, debe templarse a una

dureza de 60-62 Rc. En la figura 7.44 se muestra la elevación de esta estación, se indican algunos de los punzones, no es fácil apreciar detalles en este dibujo debido al gran numero de elementos con los que cuenta estación, se tratara de explicar de la forma mas sencilla para que quede claro la función de cada elemento.

Otra pieza fundamental es el inserto del despegador, en un troquel de alta precisión como lo es un troquel de alta velocidad, la posición exacta de los punzones solamente se puede asegura utilizando un inserto en el despegador, la función de este inserto es la de guiar perfectamente los punzones, buscando que estén perfectamente alineados contra la matriz. Recordando que el éxito de esta estación es el de asegurar la mejor concentricidad del estator, que para esta aplicaciones de máximo 0.002", al igual que el porta punzones, se decidió fabricar el inserto guía en una sola pieza, este inserto cuenta con todas las cavidades guía para cada punzón, al ser fabricado en una sola pieza se reduce la probabilidad de variación.



El inserto guía, cuenta con la figura del punzón del diámetro interior al centro del inserto para guiar al punzón, la figura en esta área es muy parecido al de una matriz, es común que el punzón se despostille si la tolerancia de este inserto guía no es la correcta, si el punzón se despostilla seguido en el área de los nervios, debe de revisarse la tolerancia del inserto guía, se recomienda darle tolerancia mayor a las ranuras para que no interfieran con el punzón, si la falla continua, el siguiente paso es verificar la tolerancia de corte en la ranuras de la matriz, en las ranuras se recomienda un 8% de tolerancia, de ser necesario se le puede dar hasta un 10%. En la figura 7.45 se muestra el inserto guía.

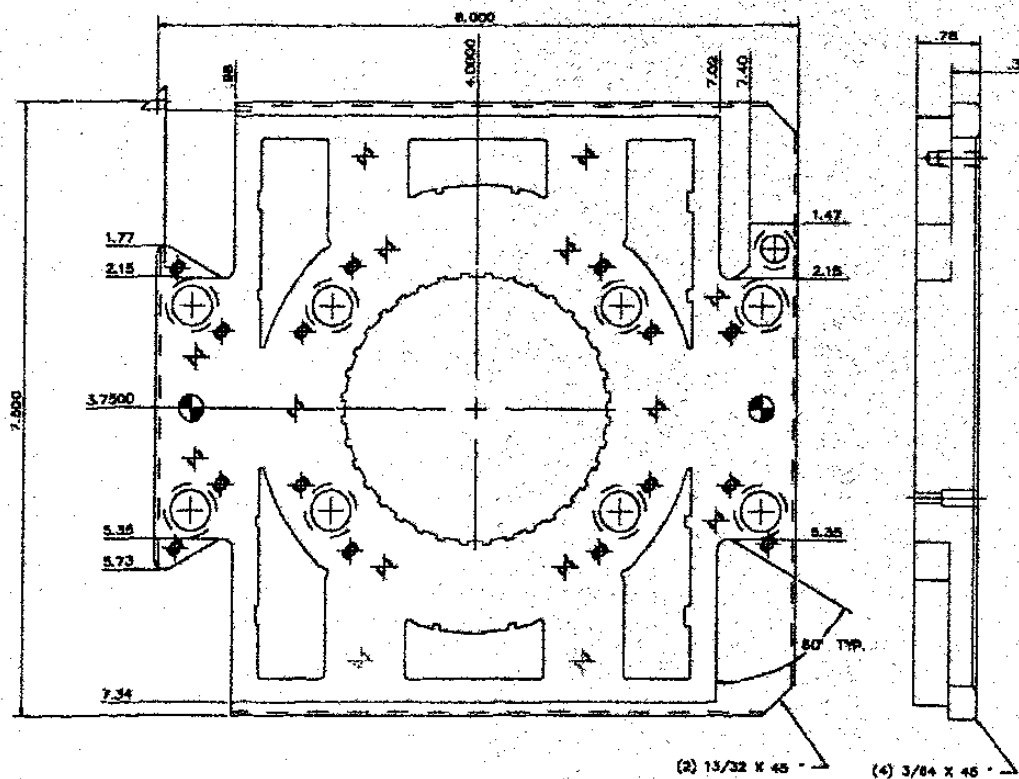


Figura 7.45 inserto guía estación 9

Para finalizar con la explicación de esta estación se concluye que la clave de la misma esta en asegurar la mejor concentricidad entre el diámetro interior y exterior del estator, hasta ahora la mejor solución es hacerlo como fue explicado en esta sección, si se hace de esta manera es muy difícil que la concentricidad sea un problema de este troquel, la única forma como puede variar la concentricidad es cuando el troquel ha acumulado muchos golpes y esta cerca del rectificado general, en este punto los punzones se desgastan en cantidades diferentes, este desgaste ocasiona problemas de concentricidad, pero con una simple afilada se soluciona. Por ultimo se incluyen los dibujos de la matriz del diámetro interior de estator figura 7.47, y del punzón del diámetro interior figura 7.48.

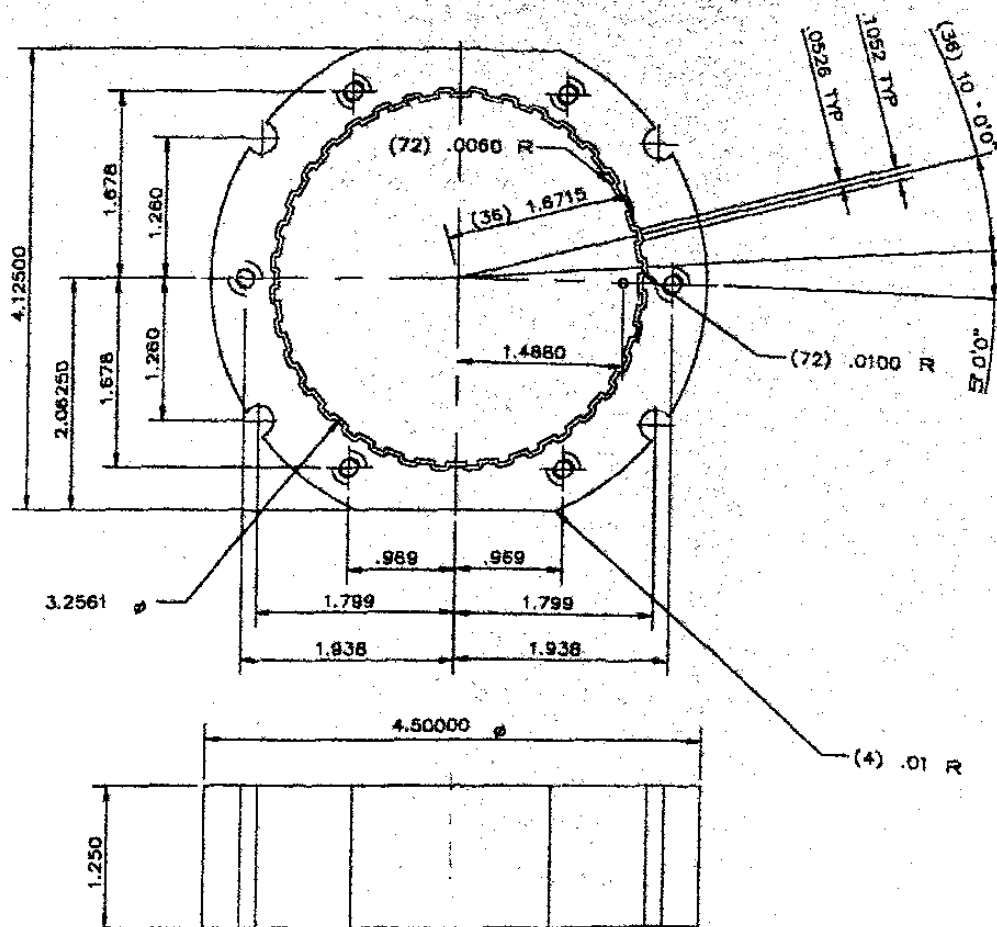


Figura 7.47 Matriz de rasurado

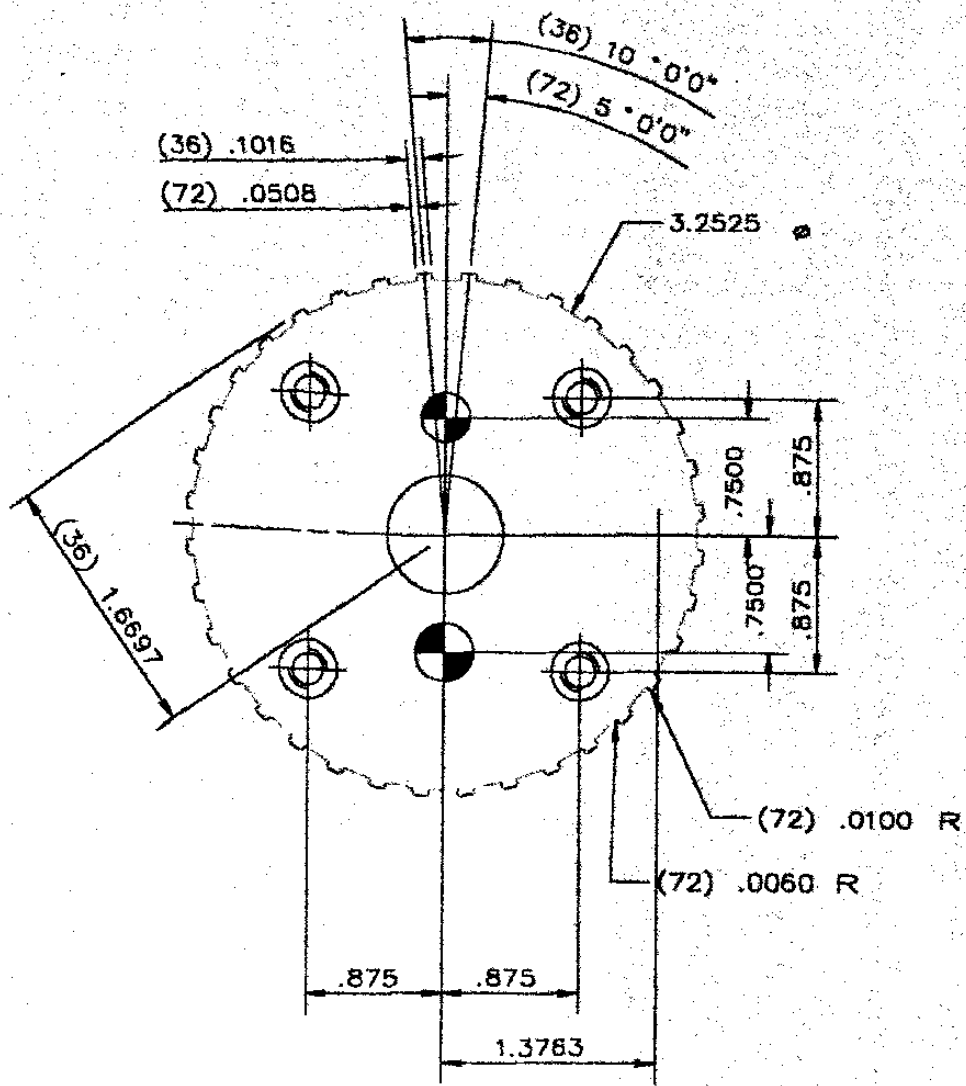


Figura 7.48 punzón de rasurado

7.9 Estación final

De nuevo se presenta una estación vacía en la estación numero 10, las razones por las que se decidió dejar esta estación son básicamente las mismas por las que se dejaron estaciones vacías en la estación 6 y 8, en consecuencia no ahondare mas en ello y entrare directo a la explicación del diseño de la ultima estación del troquel.

La estación 11 es la ultima estación del troquel, como se explico en el punto anterior, después de la estación 9 la laminación estator esta prácticamente formada, queda unida a la tira por dos pequeñas extensiones de material, la función de esta estación es la de separar la laminación del resto de la tira y embutirla a través del troquel, después de cruzar la zapata inferior la laminación sigue su camino hacia fuera a través del ducto de la laminación, en la figura 7.49 se muestra el dibujo de la tira, se indica la línea de separación de la laminación.

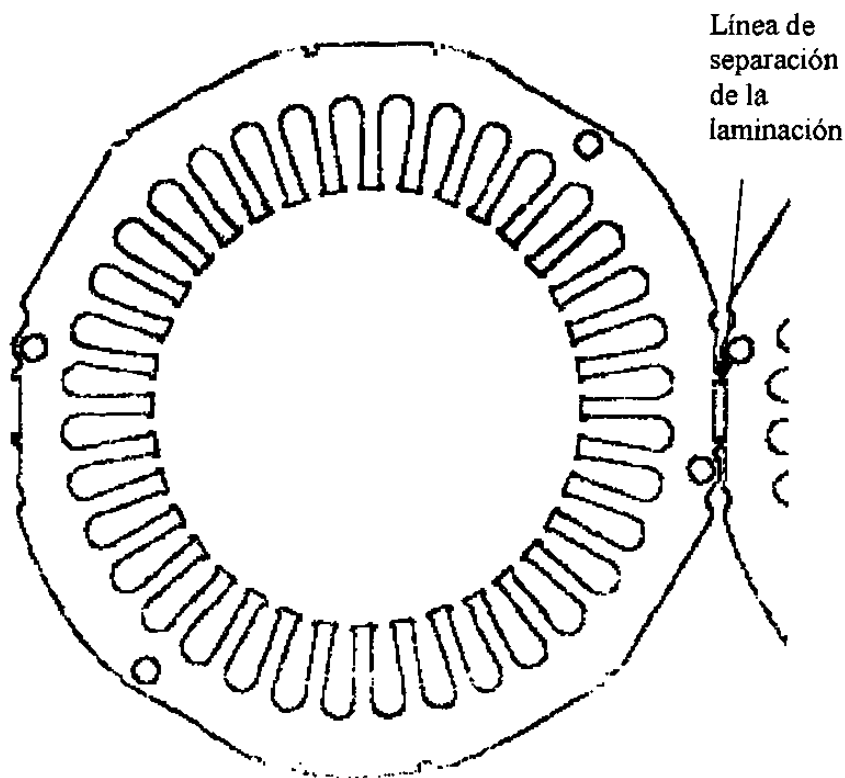


Figura 7.49 Tira de acero estación 11

El diseño de la ultima estación es sencillo, se recorta o desprenda la laminación del resto de la tira por cizallado, una matriz en la parte inferior y una cuchilla de corte en la parte superior desprendan la laminación, en la figura 7.50 se aprecia la estación 11 en elevación, en ella se indica el porta punzón, la cuchilla de corte superior esta montada en un extremo de este porta punzón según se indica, como la laminación esta prácticamente desprendida del resto de la tira, no se pueden utilizar los agujeros tornillo para pilotear la tira, ya que como se aprecia, en esta estación ya no hay despegador, si se utilizaran pilotos, jalarían la lamina al momento de la carrera ascendente del troquel, para centrar la lamina en esta estación se utiliza un piloto centrador que utiliza el diámetro interior de la laminación para centrar la laminación, al igual que los pilotos convencionales, este

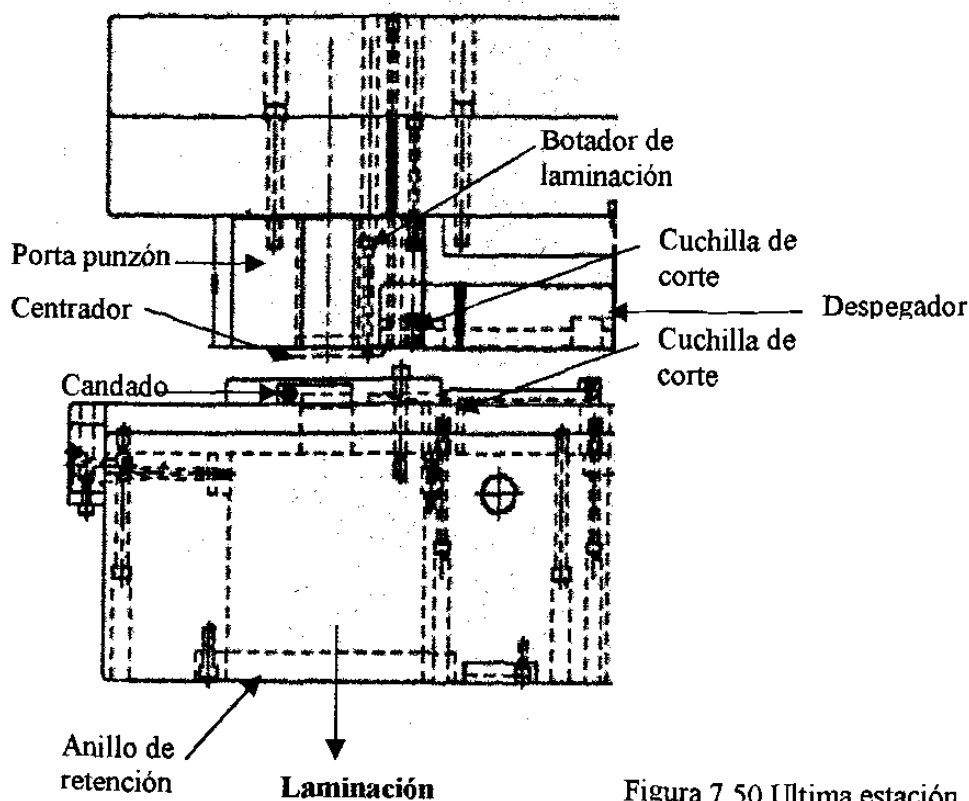


Figura 7.50 Ultima estación

centrador buscara jalar la lamina hacia arriba, para evitarlo se utilizan pernos botadores, estos van montados en el porta punzón como se indica en la figura 7.50, estos pernos despegan la laminación del centrador. Como se comento después de separar la laminación del resto de la tira, el porta punzón embute y empuja la laminación hacia abajo del troquel, la flecha indica el camino que sigue la laminación. En la figura 7.51 se muestra la vista de planta del porta punzón, en ella se aprecian mejor los detalles de la cuchilla de corte.

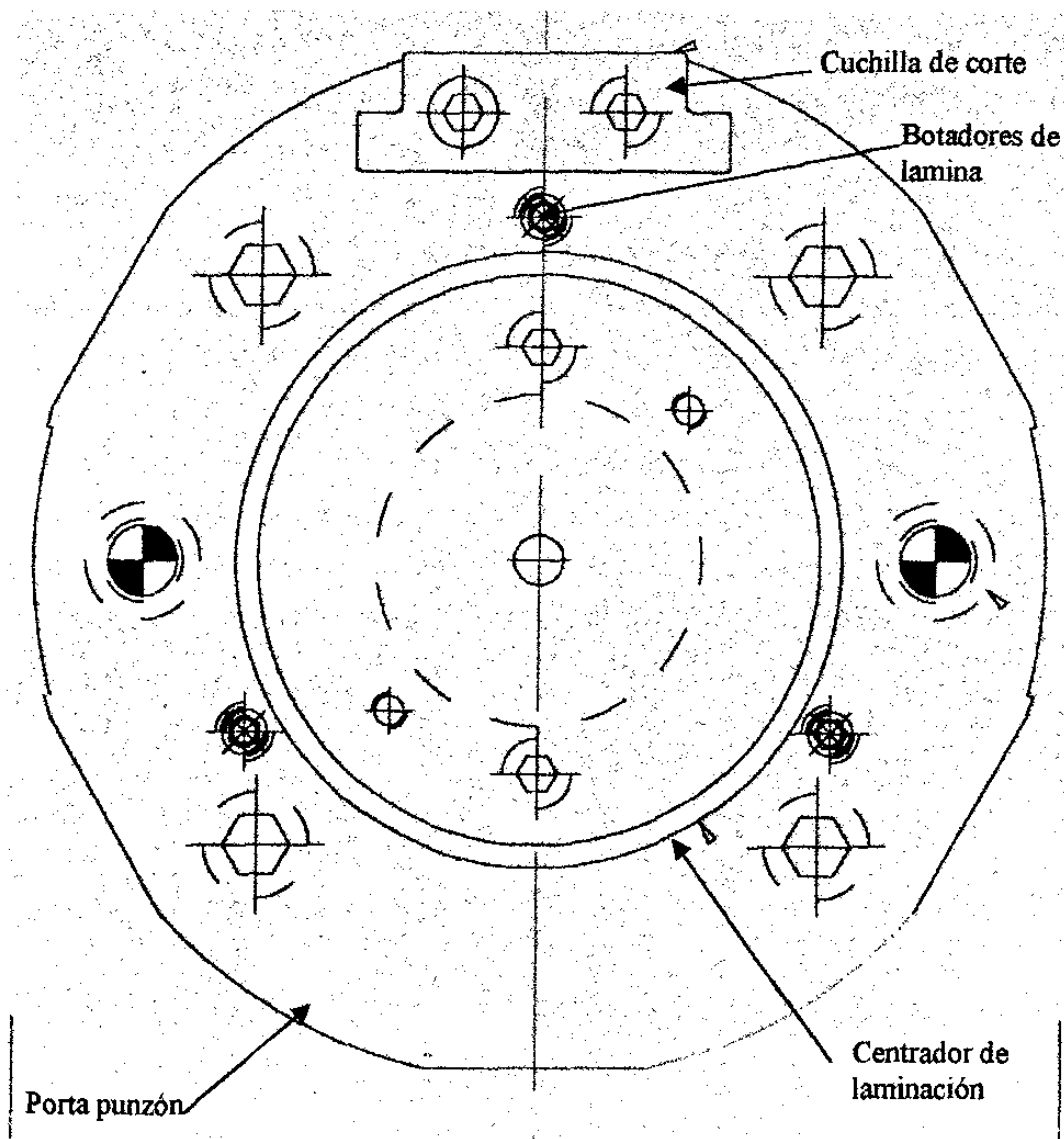


Figura 7.51 Porta punzón estación 11

Después de pasar por el troquel la laminación atraviesa la platina de la prensa y finalmente sale a través del ducto de laminación, el ducto como ya explique, es un tubo doblado en forma de cuerno, sale por debajo de la prensa y voltea hacia arriba hasta una altura de trabajo adecuada donde el operador pueda descargar la laminación fácilmente. La parte del ducto que voltea en dirección ascendente forma una columna de laminaciones de un peso dado, esta columna debe estar bien calculada, ya que se pueden presentar dos situaciones en el ducto, una es que la laminación trate de salirse hacia fuera del ducto si el peso de la columna de laminaciones no es suficiente, al ocurrir esto, se debe llenar de nuevo el chute con laminaciones en forma manual para reiniciar la operación, la otra situación que se puede presentar es que la laminaciones trate de regresar hacia arriba si el peso de la columna de laminaciones es demasiado, esta situación es mas indeseable porque normalmente ocasiona perdidas de paso y daños en el troquel.

Para contra restar y controlar estas situaciones se acondicionan una serie de frenos y candados, uno de ellos se localiza en el ducto de laminación, y no es mas que una zapata empujada por resortes, a los cuales se les puede dar o quitar tensión en forma manual según se requiera, este freno evita principalmente que el ducto de laminación se vacíe, si la presión en este freno es excesiva ocasionara que las laminaciones se devuelvan hacia arriba, se requiere algo de practica par dar el ajuste exacto de este freno. Otro candado se localiza en la parte superior de esta estación, la función principal de este candado es

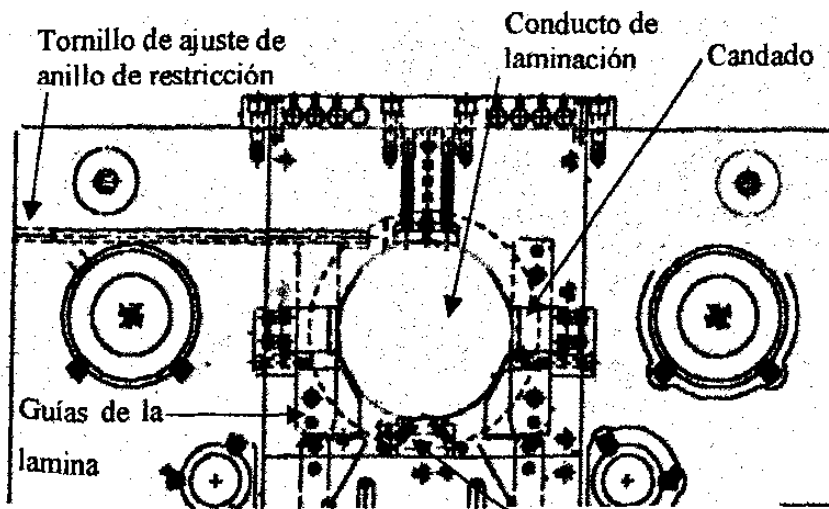


Figura 7.52 Estación 11, Vista de planta

Cuchilla inferior

la de evitar que la laminación se devuelva hacia arriba, en la figura 7.50 y 7.52 se indican estos candados. Como la figura muestra toda la estación es muy difícil apreciar los detalles, para poder visualizarlos mejor, en la figura 7.53 se muestra un acercamiento únicamente del área de trabajo de esta estación en vista de planta.

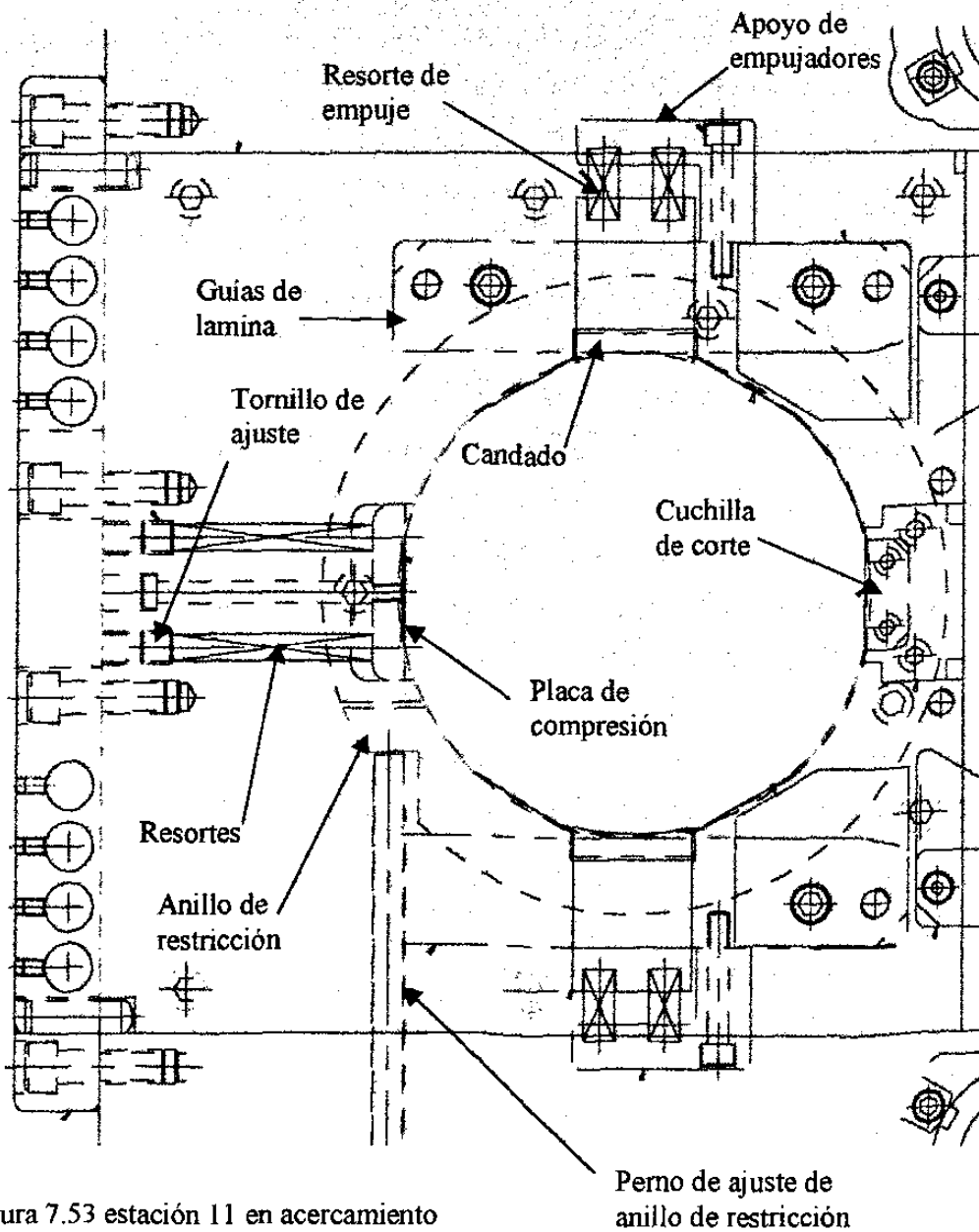


Figura 7.53 estación 11 en acercamiento

En el acercamiento de la figura anterior se aprecia mejor los candados de la parte superior de la matriz, están localizados debajo de las guías de lamina del troquel, son un par de uñas las cuales son empujadas por un par de resortes cada una, al momento de troquelar el porta punzón comprime estos candados empujándolas hacia fuera de la estación, permitiendo de esta forma que la laminación se introduzca en la cavidad de la zapata, cuando el troquel sube las uñas vuelven a su posición empujadas por los resortes y evitando que la laminación se devuelva hacia arriba. De manera auxiliar ayudan a que el centrador de la lamina no se lleve la laminación hacia arriba. Por otro lado, en el extremo opuesto a la cuchilla de corte se añade una placa de empuje, la función de esta placa es la de facilitar el proceso de arranque del troquel, cuando la cavidad del troquel esta vacía, la primer lamina que se troquela trata de voltearse dentro de la cavidad, si esto sucede, es muy probable que la lamina se doble al hacerlo se atorara dentro del troquel o del ducto, esto obliga a desatorar la lamina y reiniciar el proceso de preparación de maquina. Para solucionar este problema se añadió esta placa, la cual, después de que la laminación fue recortada e introducida en la cavidad la mantiene sujeta, evitando que se valla hacia abajo o se voltee. El ultimo candado se localiza en la parte inferior de la zapata, este es un anillo de restricción de flujo, en la figura 7.50, 7.52 y 7.52 se indica este anillo, este candado ayuda a que las laminaciones no se devuelvan ya que no se vacíe el ducto, pero su principal función es como freno al de evitar que las laminaciones fluyan hacia abajo libremente, esto es muy importante al momento de desmontar el troquel de la prensa, ya que cuando el troquel se desliza sobre la platina para ser desmontado, las laminaciones dentro de la zapata inferior tratan de salirse hacia abajo, esto ocasiona daños sobre la superficie de la platina y sobre la cara inferior de la zapata, para corregirlo hay que rectificar a mano ambas superficies pero algunas veces el daño es tan grande que se debe maquinar y rectificar a maquina. Este candado es un anillo de acero partido en un extremo, la presión se ajusta por medio de un tornillo prisionero el cual se apoya sobre un perno que directamente empuja el anillo en el extremo partido, cerrándolo o permitiendo que se expanda, y por añadidura generando mas presión o restricción al flujo o liberando presión. En la figura 7.54 se muestra el dibujo de este anillo restrictor, el cual esta fabricado en acero herramienta, puede utilizarse acero A2 o D2, y templarse a una dureza de 60-62 Rc. Por ultimo en las figuras 7.55 y 7.56 se muestra el diseño de las cuchillas superior e inferior respectivamente.

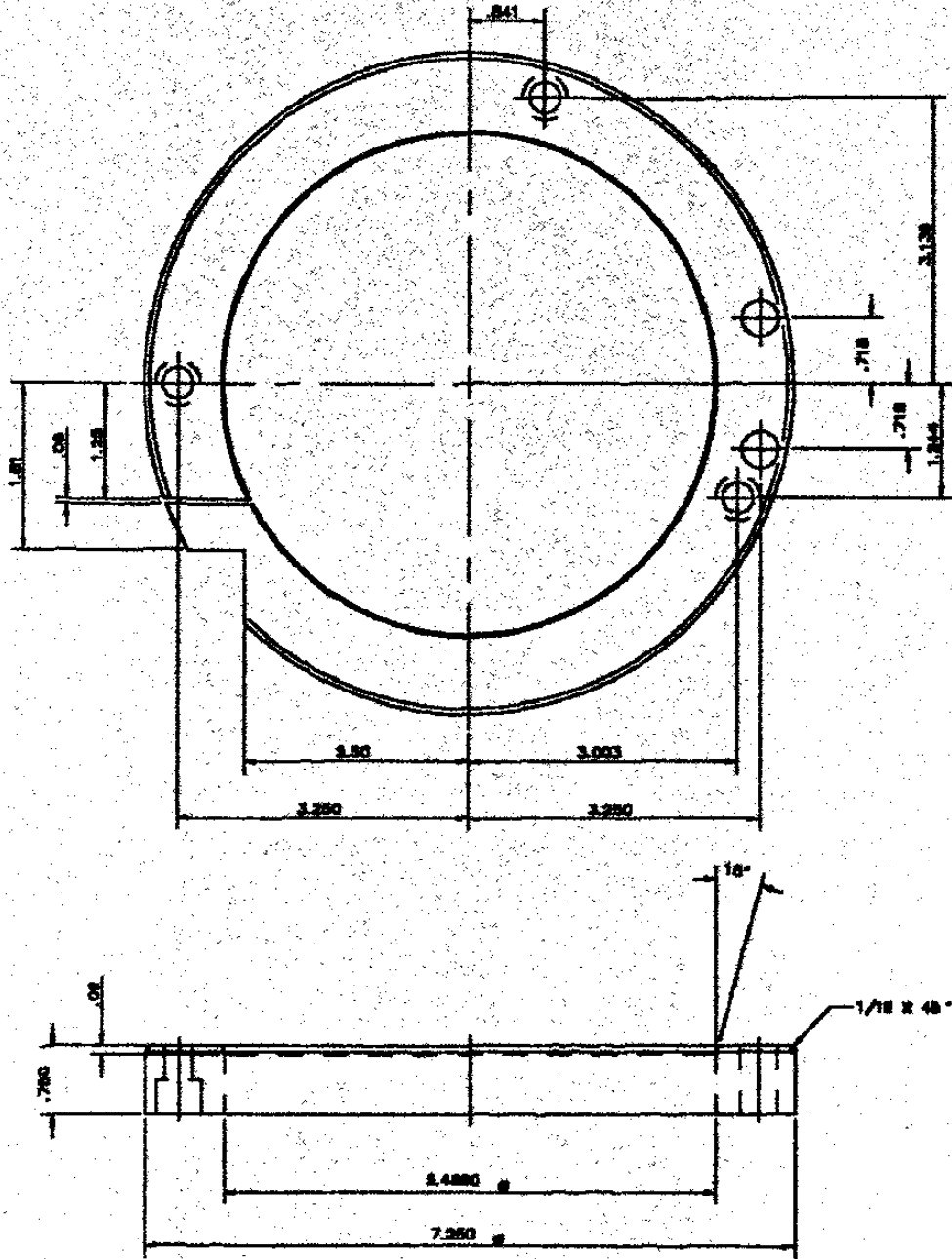


Figura 7.54 anillo de retención de estator

Como se puede apreciar en la figura, las roscas de sujeción están en ambos lados del punzón, esto ayuda a reducir tiempos de reparación y a alargar la vida del punzón, ya que cuando se despostilla puede ser volteada para que siga trabajando por el otro lado antes de ser afilada de nuevo.

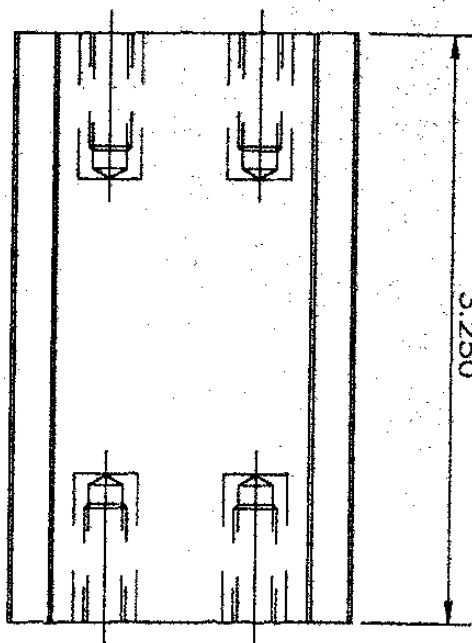
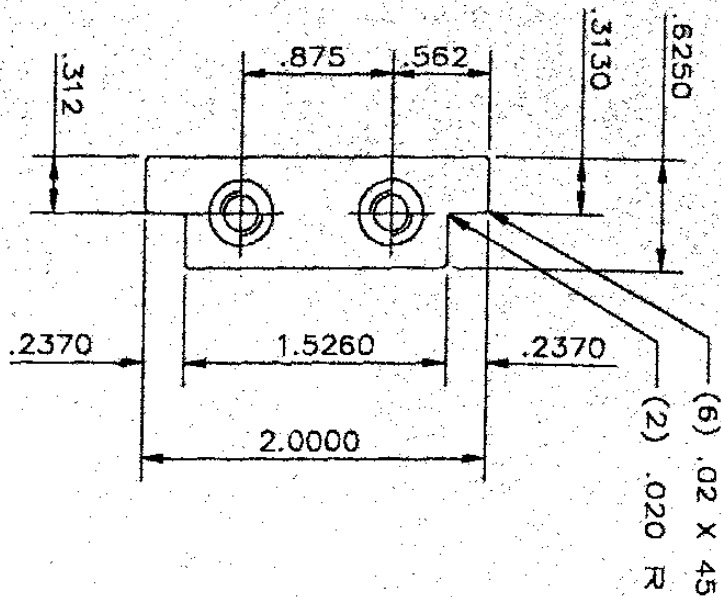


Figura 7.55 Cuchilla ultima estación

CAPITULO 8

MATERIAL PARA MATRICES Y PUNZONES

Los troqueles de laminación también son conocidos como troqueles de carburo ya que los elementos principales como punzones y matrices son fabricados en carburo de tungsteno, la razón principal para utilizar carburo de tungsteno son debido a que se requiere un material de alta resistencia al desgaste, ya que un troquel de laminación debe producir diariamente un promedio de 200,000 laminas, si se fabricara en aceros de herramienta normales, se tendrían que rectificar al menos cuatro veces al día, utilizando carburo de tungsteno, el troquel puede rectificarse hasta los 5000,000 de golpes, esto represento 100 veces la vida de un acero convencional.⁵ Esta es la principal razón de utilizar carburo de tungsteno.

Por supuesto el utilizar un buen carburo es solo uno de los factores que intervienen en el éxito o fracaso de un troquel de laminación. Al igual que la construcción, estabilidad de la prensa y rectificado los siguientes factores son importantes para lograr una larga vida del troquel.

- a) seleccionar el grano adecuado
- b) La consistencia en la calidad del grado del metal seleccionado.

El mercado ofrece un gran numero de granos, en este capitulo se analizara solamente aquellos utilizados en fabricación de troqueles de laminación.

1. Grano superfino.

Con un promedio de tamaño de grano de menos de un micrón este tipo de grano a alcanzado gran utilización en la fabricación de troqueles. Debe considerarse que a pesar de su gran resistencia a la fractura, su tenacidad es significativamente menor que la de un carburo convencional. Debido a su gran resistencia al desgaste el grano superfino con un rectificado cuidados y un correcto uso puede ser validado como una importante clase de carburo duro. Es cierto que en un futuro este carburo jugara el rol más importante en fabricación de troqueles de laminación. La figura 8.1 muestra una metalografía de este tipo de grano.

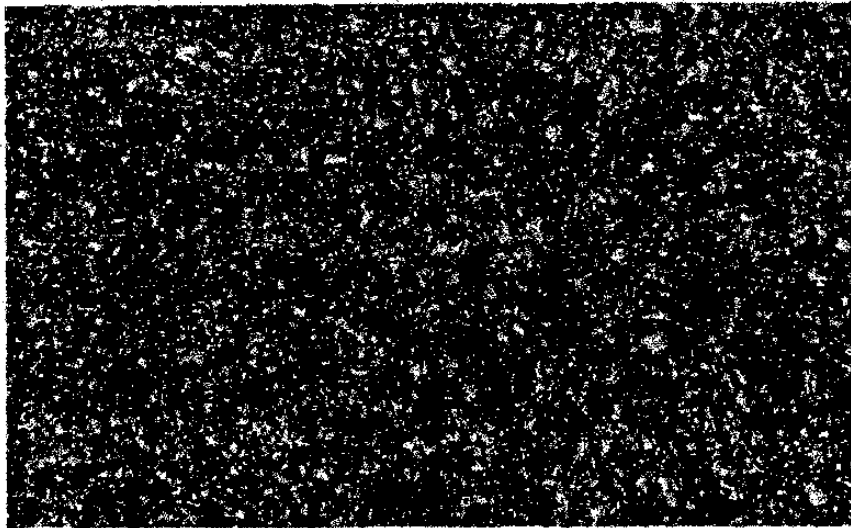


Figura 8.1 Metalografía de grano superfino. Amplificada 1500 veces

2. Grano fino a medio fino.

Con un promedio de tamaño de grano de 1.5-2.0 μm . El cobalto contenido varia de 6 a 20%. La experiencia demuestra que que este grado de carburo combina una excelente resistencia al desgaste con una suficiente tenacidad. Este tipo de carburo es ideal para ir ganando experiencia y subsecuentemente alcanzar una vida optima de trabajo. La figura 8.2 muestra una mecanografía de este tipo de grano.

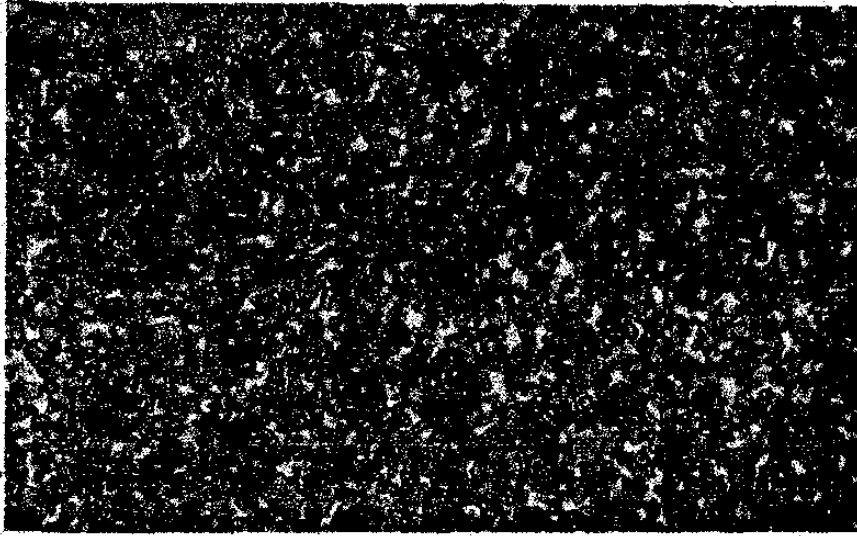


Figura 8.2 Metalografía de grano fino - medio fino. Amplificada 1500 veces

3. Grano grueso.

Con un promedio de tamaño de grano de 3-5 μm este tipo de carburo alcanza su mayor uso en aplicaciones donde se requiere una gran tenacidad. Este grado de carburo es utilizado solamente en aplicaciones específicas en el mundo de la fabricación de troqueles de laminación. La dureza- resistencia al desgaste son de secundaria importancia ante su gran tenacidad. La figura 8.3 muestra una metalografía de este tipo de grano.

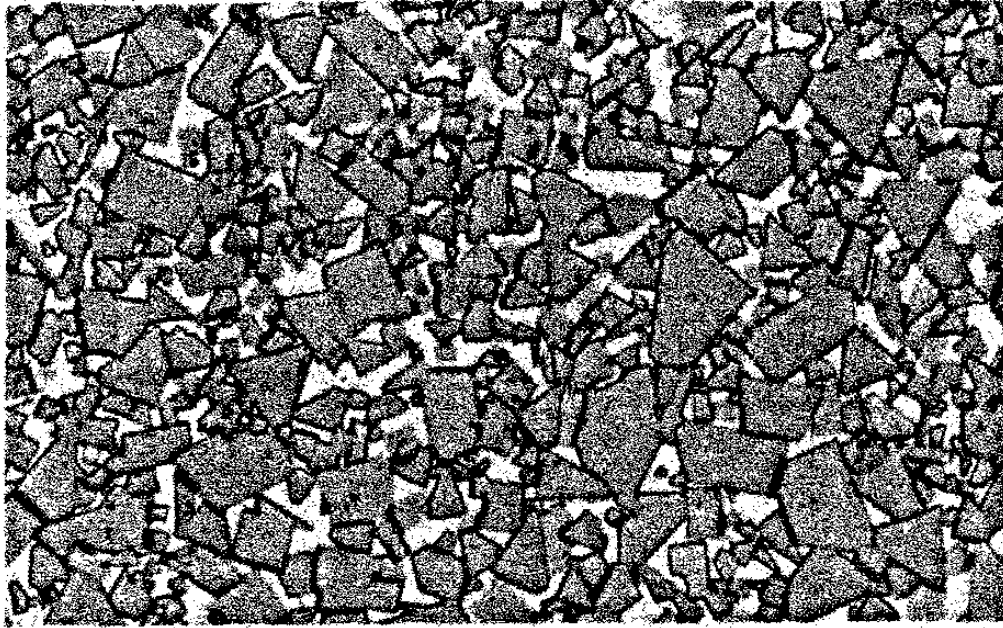


Figura 8.3 Metalografía de grano grueso. Amplificada 1500 veces

Tanta resistencia como sea posible, tanta tenacidad como sé necesaria. La mayor resistencia al desgaste con suficiente tenacidad son los requerimientos en la manufactura de troqueles de laminación. El compromiso ideal de estas dos propiedades produce el éxito deseado. Cómo llegamos al factor que afecta la propiedad? La resistencia al desgaste es determinada durante la manufactura por dos factores.

- a. Por el tamaño del grano. Entre mas fino sea, mayor será la dureza.
- b. Por el contenido de cobalto. Entre menor sea el contenido de cobalto, mayor será la dureza.
- a. Por el tamaño de grano. Entre más grueso sea el grano mayor será la tenacidad.
- b. Por el contenido de cobalto. Entre mayor sea el contenido mayor tenacidad ser el grado.

Dureza: la dureza puede ser tomada como guía para definir la resistencia al desgaste. Pero hay otros factores que influyen, como micro fracturas, despostilladuras, tendencia a soldarse etc. Lo cual perjudica a la resistencia al desgaste, por ejemplo, el grado super fino TSM con una significativa dureza que el grado medio H tiene en la practica mejores resultados que en el área de resistencia al desgaste. De cualquier forma, en la área del filo de corte la primera impresión fue un significativo desgaste que con el grado medio fino, solo siguiendo detalladas examinaciones metalúrgicas se descubrieron micro fracturas.

La Figura 8.4 muestra los diferentes grados de carburo utilizados en la fabricación de troqueles de laminación.

Grado Plansee TZIT	Contenido de Cobaño %	Tamaño de grano	Dureza Vickers HV 30	Resistencia Rutura Transversal N/mm ²	Área de aplicación
TSM 20	7.5	0.7	1720	3500	Materiales abrasivos, materiales que tienden a soldarse Alto rendimiento
TSM 30	10	0.7	1550	3700	
TSM 40	12	0.7	1460	3800	
H20S	6	1.5-2.0	1615	2000	Grado universal de corte con buena estabilidad del área de corte.
H30S	9	1.5-2.0	1470	2400	
H40S	12	1.5-2.0	1340	2600	
H50S	15	1.5-2.0	1225	2800	
B15S	6	3.0-5.0	1330	2150	su característica es alta tenacidad con suficiente dureza para espe sores de hasta 2mm.
B30S	9	3.0-5.0	1210	2450	
B40S	12	3.0-5.0	1100	2600	

Figura 8.4 Carburos utilizados en matrices y punzones de troqueles de laminación