Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica

Libro de trabajo del estudiante

Con tecnología de Hypertherm®

893413 – Revisión C

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica

Libro de trabajo del estudiante

Con tecnología de Hypertherm®

893413 – Revisión C

Introducción

Bienvenido al curso ***Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica.*** Este libro de trabajo del alumno le servirá en el transcurso de las clases para seguir al instructor y participar en todas las actividades y ejercicios prácticos.

Acerca de los diseñadores de este curso: Hypertherm diseña y fabrica los sistemas de corte por plasma más avanzados del mundo para su uso en diversas industrias como la construcción naval y la fabricación y reparación de vehículos automotrices. Su línea de productos incluye sistemas de corte por plasma manuales y mecanizados, consumibles, así como avance CNC y controles de altura. Los sistemas Hypertherm gozan de credibilidad por su rendimiento y confiabilidad, lo que redunda en una mayor productividad y rentabilidad en decenas de miles de empresas. Radicada en New Hampshire, la reputación de la compañía en la innovación del corte de metal se remonta a más de 40 años cuando, en 1968, Hypertherm inventó el corte por plasma con inyección de agua. La compañía, merecidamente mencionada como uno de los mejores lugares para trabajar en Estados Unidos, tiene más de 1000 asociados, además de operaciones y representaciones en todo el mundo. Para más información, visite www.hypertherm.com.

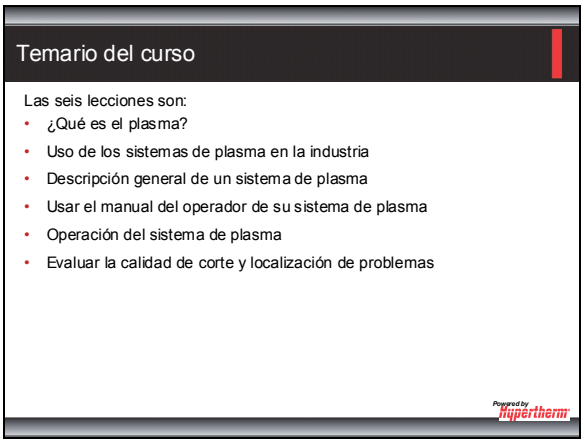
Descripción

Sesión 1:	¿Qué es el plasma?
Sesión 2:	Uso de los sistemas de plasma en la industria
Sesión 3:	Descripción general de un sistema de plasma
Sesión 4:	Usar el manual del operador de su sistema de plasma
Sesión 5:	Operación del sistema de plasma
Sesión 6:	Evaluar la calidad de corte y localización de problemas
Sesión 7:	Examen teórico
Sesión 8:	Cortes a mano alzada y con plantilla
Sesión 9:	Perforación de orificios y ranurado #1
Sesión 10:	Ranurado #2 y evaluaciones finales

Sesión 1: ¿Qué es el plasma?

Introducción

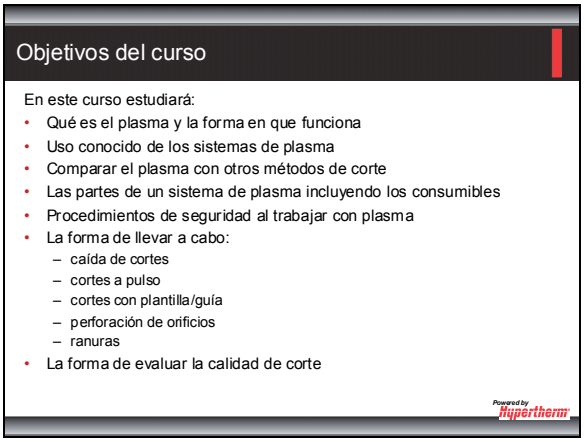
Diapositiva 0: título de la clase



Diapositiva 1: Temario del curso

El curso consta de seis clases y cada una tiene actividades en el aula:

1. ¿Qué es el plasma?
2. Uso de los sistemas de plasma en la industria
3. Descripción general de un sistema de plasma
4. Usar el manual del operador de su sistema de plasma
5. Operación del sistema de plasma
6. Evaluar la calidad de corte y localización de problemas

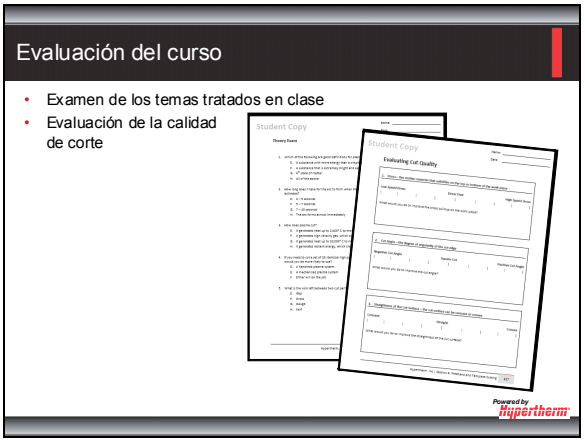


Diapositiva 2: Objetivos del curso

Al terminar este curso, usted será capaz de:

- demostrar haber entendido lo que es el plasma y la forma en que funciona,
- identificar los usos industriales de los sistemas de plasma,
- comparar el plasma con otros métodos de corte, entre ellos oxicorte y láser,
- identificar las partes de que consta un sistema de plasma, incluyendo los consumibles,
- demostrar haber entendido las medidas de seguridad del plasma,
- demostrar que es capaz de hacer:
  - **caída de cortes**
  - **cortes a pulso**
  - **cortes con plantilla/guía**
  - **perforaciones de orificios**
  - **ranuras**
- demostrar que puede evaluar la calidad de los cortes.

Corte en bisel:	técnica de corte que usa una antorcha inclinada para que el borde de las piezas a cortar quede en ángulo.
Caída de corte:	un corte en el que una sección de la pieza a cortar se desprende de la principal.
Corte a pulso:	cortes hechos sin ayuda de un borde recto o plantilla.
Ranurado:	el proceso de remover metal de la superficie de la placa sin penetrarla del todo; se usa en la remoción de soldaduras viejas o en la preparación de una superficie para soldeo.
Perforación de orificio:	un método de iniciar un corte en el que el arco penetra profundo en la pieza a cortar antes de comenzar el corte.
Corte con plantilla/guía:	cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.

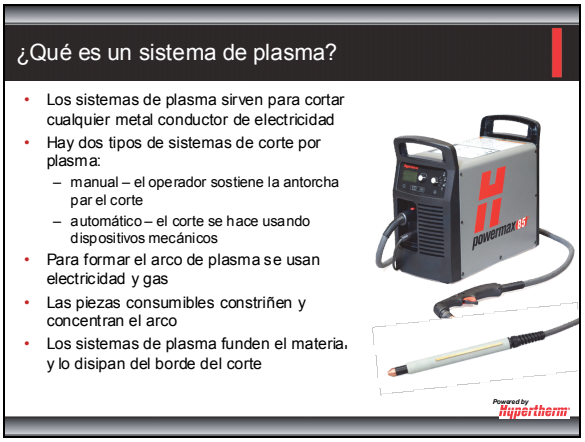


Diapositiva 3: Evaluación del curso

Se le evaluará atendiendo a dos criterios:

- un examen de 30 preguntas basado en los temas tratados en las seis clases,
- auto evaluación y evaluación del instructor de los cortes hechos con el sistema de plasma.

¿Qué es un sistema de plasma?



Diapositiva 4: ¿Qué es un sistema de plasma?

- Los sistemas de plasma son máquinas diseñadas para cortar diferentes espesores de metales conductores.
- Van de unidades manuales portátiles a unidades automáticas montadas en mesas.
- Un sistema de plasma usa electricidad para crear un arco y gas a elevadísima temperatura (20 000 °C), al que también se conoce como plasma.
- Las piezas consumibles situadas en la **antorcha** constriñen y dirigen el arco, lo que maximiza su eficiencia para el corte del metal.
- Los sistemas de plasma usan el arco y el flujo de gas que da forma al arco para fundir el material y disiparlo a su vez del borde de corte.

Diapositiva 5: ¿Para qué se usan los sistemas de plasma?

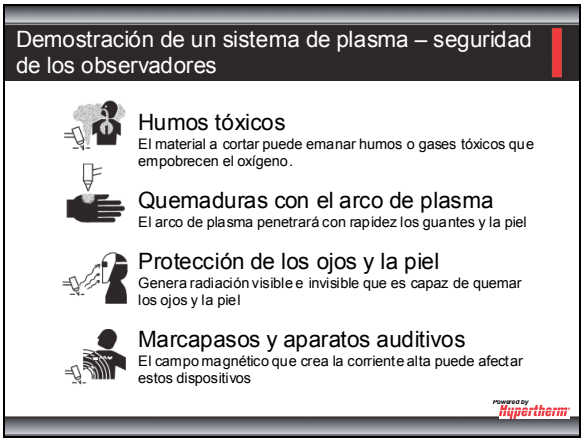
- Los sistemas de plasma pueden cortar ***cualquier*** metal conductor; los materiales habituales son acero al carbono, aluminio, acero inoxidable y cobre.
- Los sistemas de corte por plasma son, por lo general, el método más rápido para cortar materiales entre 6 mm (¼ pulg.) a (62 mm) 2 ½ pulg. de espesor.
- Los sistemas corrientes de corte por plasma pueden cortar placas con un espesor de hasta 50 mm (2 pulg.). No obstante, hay máquinas industriales especializadas que cortan materiales aún más gruesos.
- Los sistemas de corte por plasma también se utilizan para perforación, ranurado y conformado (por ejemplo, cortes en bisel).

Antorcha	Parte del sistema de plasma que se usa para ejecutar el corte en sí.

Diapositiva 6: Tipos de sistemas de plasma

- Manual – -unidades fácilmente transportables, por lo general con una antorcha manual y capacidad de corte de placas de hasta 5 cm (2 pulg.) de espesor. Las antorchas rectas especiales permiten usar estos sistemas en mesas de corte CNC en determinadas aplicaciones.
- Mecanizado – habitualmente instalado en un entorno fabril para uso en ciclo de trabajo intenso. Por lo regular optimizados para el corte de máxima calidad o velocidad; algunos sistemas son capaces de cortar materiales extremadamente- gruesos.

Demostración de un sistema de plasma



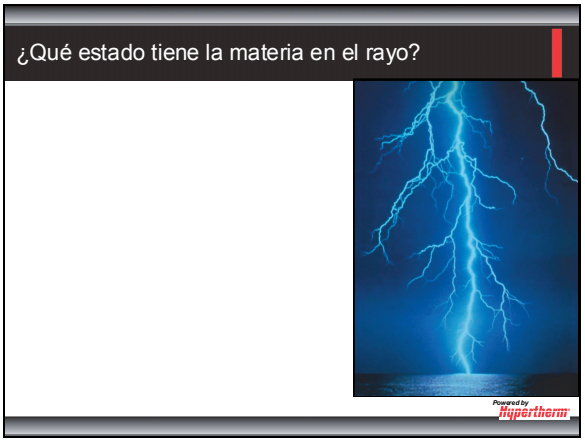
Diapositiva 7: Seguridad de los observadores

- **Humos tóxicos** - el material a cortar puede emanar humos o gases tóxicos que empobrecen el oxígeno. Los metales que pueden emanar humos tóxicos son, entre otros, el acero inoxidable, el acero al carbono, el zinc (galvanizado) y el cobre. Asimismo, el metal puede haberse revestido con sustancias capaces de liberar humos tóxicos, las que incluyen pero no necesariamente se limitan, al plomo, el cadmio y el berilio.
- **Quemaduras con el arco de plasma** – el arco de plasma prende inmediatamente al activarse el interruptor de la antorcha y penetrará con rapidez los guantes y la piel. Apartarse de la punta de la antorcha y la ruta de corte y no apuntar nunca la antorcha hacia usted ni hacia los demás.
- **Protección de los ojos y la piel** – el arco de plasma genera radiación visible e invisible (ultravioleta e infrarroja) capaz de quemar los ojos y la piel. Usar medios de protección con los debidos lentes de oscurecimiento para proteger los ojos, así como ropa de protección, incluyendo guantes de trabajo, calzado de seguridad, casco, ropa ignífuga y pantalones con bajos sin pliegues para evitar al entrada de chispas y escoria. Antes del corte, remover de los bolsillos todo objeto combustible.
- **Marcapasos y aparatos auditivos** – el campo magnético que crea la corriente alta puede afectar la operación de los marcapasos y aparatos auditivos. Las personas que usen estos dispositivos deberán consultar a un médico para estar en las cercanías de las operaciones de corte y ranurado por arco de plasma.

¿Qué es el plasma?

Diapositiva 8: El plasma es un estado de la materia

- Los ingenieros usan el término “estado” para describir el estado agregado de una sustancia. Los ejemplos conocidos de “estados” son sólido, líquido y gaseoso. Bajo determinadas condiciones de presión y temperatura, todo elemento o compuesto químico es capaz de existir en uno de estos tres estados normales.
- Cuando una sustancia cambia de estado, su estructura química no cambia, solo su estado agregado (cambio físico).
- Los cambios de estado se deben a la energía que libera o absorbe una sustancia. El hecho de aportar energía calórica a una sustancia puede aumentar su temperatura y finalmente cambiar su estado.
- Al aportarse energía calórica al hielo, la temperatura aumenta y cambia del estado sólido (hielo) al líquido (agua). Si se aporta aún más energía calórica, el líquido finalmente se convertirá en gas (vapor).
- En la mayoría de las sustancias, los estados de menor energía (sólidos) tienden a ser más densos y rígidos que los estados de mayor energía (gases).



Diapositiva 9: ¿Qué estado tiene la materia en el rayo?

Diapositiva 10: El plasma es el cuarto estado de la materia

- Las características comunes de los rayos y otros plasmas son su brillo (emisión de energía lumínica) y su calor (emisión de energía térmica).
- El plasma tiene más energía de la que es capaz de contener un gas – las moléculas de plasma se desintegran; su nivel de excitación va más allá del que alcanzan en un gas.
- Por eso es que al plasma se le llama el "cuarto estado de la materia".

Nombre: _____

Fecha: _____

Ficha de trabajo plasma

Encierre en un círculo las sustancias reales que son plasma.

Estrellas	Elemento en una hornilla eléctrica
Televisores de plasma	Aerosoles
LED	Rayos
Vapor	Tubos fluorescentes
Humo	Luces neón
Auroras	Bombillas eléctricas normales

¿Cómo se forma el plasma en un sistema de plasma?

Diapositiva 11: ¿Cómo se forma el plasma en un sistema de plasma?

Las antorchas de plasma manual reciben el gas y el flujo de corriente de la fuente de energía. También llevan piezas consumibles como las que se muestran aquí, las que ayudan a conformar y mantener el arco de plasma. Cuando no están trabajando, el **electrodo** y la **boquilla** hacen contacto. El gas hace "retroceder" el electrodo, dejando una abertura al paso de la corriente. Los electrones provenientes del electrodo chocan con las moléculas neutras del gas. Cada colisión libera más electrones y las moléculas de gas se cargan positivamente (se ionizan). Se produce una avalancha de colisiones emitiendo energía térmica (o calor) y energía lumínica (brillo) – esto es plasma. El gas secundario de la antorcha sitúa exactamente el arco en el centro del electrodo y lo empuja fuera de la boquilla, donde se puede usar para cortar o ranurar metal.

Un sistema de corte por arco de plasma consiste de una fuente de energía y una antorcha. La fuente de energía es muy similar a una batería: puede suministrar corriente continua (CC). Los que "transportan" esta corriente eléctrica se denominan electrones y llevan una carga negativa. Los electrones saldrán del terminal negativo, se moverán por todo el circuito y regresarán al terminal positivo formando un circuito.

Hay dos "piezas consumibles" conectadas al circuito y a ellas se les llama electrodo y boquilla. "Consumibles" significa que las piezas se deterioran lentamente por su contacto con el arco de plasma y el calor generado y, finalmente, se desgastan y hay que reemplazarlas. Las demás piezas consumibles de una antorcha son el anillo distribuidor, el capuchón de retención y el escudo frontal. Las piezas consumibles controlan la dimensión y forma del arco de plasma y pueden optimizarse para determinadas aplicaciones o para enfatizar un atributo en particular, por ejemplo, la velocidad o calidad de corte. Algunos grupos de consumibles están hechos para el corte de metal delgado como el que se usan en creaciones artísticas. Estos consumibles se usan con una separación mínima y cortan una **sangría** muy estrecha. Hay otros consumibles hechos para cortes rápidos en materiales más gruesos o para ranurado; ellos crean un arco mayor y más ancho.

En un sistema de corte por arco de plasma la antorcha se conecta al terminal negativo del circuito del electrodo y la boquilla, al positivo. Si el electrodo y la boquilla son conductores y se tocan entre sí, la corriente circula por ellos sin impedimento; tenemos que hacer una abertura en este circuito para formar un arco eléctrico. La fuente de energía de un sistema de corte por arco de plasma suministra el gas de proceso a la antorcha (por lo regular, aire comprimido en sistemas manuales). Una forma de crear un arco eléctrico es usar la presión del gas de proceso para separar el electrodo de la boquilla. Encender una antorcha de corte por arco de plasma separando un electrodo y boquilla en corte para formar un arco se denomina "encendido en contacto" porque el electrodo y la boquilla arrancan estando en contacto.

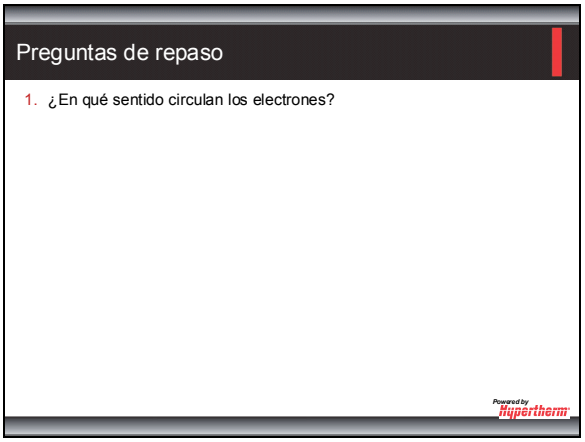
Si el electrodo y la boquilla se separan al estar ya conduciendo corriente, el electrodo emite un flujo de electrones por su punta de **hafnio**. A medida que los electrones se aceleran al pasar por la abertura, chocan con las moléculas neutras de gas con energía suficiente como para arrancarles más electrones libres. El campo eléctrico creado por la boquilla atrae y acelera de nuevo los electrones libres, mientras que el electrodo acelera y atrae los iones positivos haciendo posible más colisiones. Estas colisiones crean más y más iones positivos e iones negativos libres.

Se produce una avalancha de colisiones emitiendo energía térmica (o calor) y energía lumínica (brillo) – esto es plasma – que da lugar a la formación de una chispa. Esta chispa es similar a la que se produce al halar el enchufe de la pared de una tostadora que esté funcionando. La diferencia estriba en que esta última es momentánea mientras que a la primera la alimenta la fuente de energía del arco de plasma, la que está concebida para alargar la chispa y convertirla en un arco. Al arco que se forma entre el electrodo y la boquilla se le llama "arco piloto". El gas proveniente de la fuente de energía se usa para obligar al arco piloto a salir por el orificio de la boquilla.

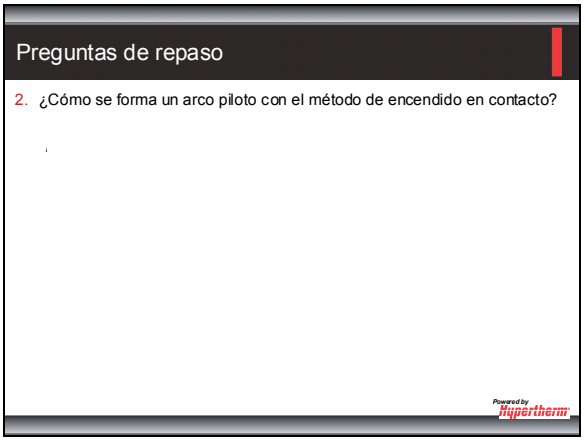
Tan pronto se establece el arco piloto, es necesario incorporar la pieza a cortar al circuito. El paso más importante es convertir el arco piloto (entre el electrodo y la boquilla) en un "arco transferido" (entre el electrodo y la pieza a cortar). A medida que la antorcha se acerca a la pieza a cortar y el arco piloto se pone en contacto con la placa, la boquilla y la pieza a cortar empiezan a usar en común la corriente de plasma. La fuente de energía obliga a la corriente a atravesar la pieza a cortar. La fuente de energía aumenta la corriente al nivel de corte y empieza el corte del metal.

Electrodo:	la pieza de un juego de consumibles que emite electrones en flujo estacionario para formar el arco de plasma.
Sangría:	vacío que deja la remoción longitudinal de material en cualquier tipo de proceso de corte; por ejemplo, el ancho de la hoja de sierra al cortar madera.
Boquilla:	pieza consumible de la antorcha con un orificio por el que pasa el arco.
Hafnio:	metal normalmente empleado como emisor de electrones para los gases plasma oxígeno o aire.

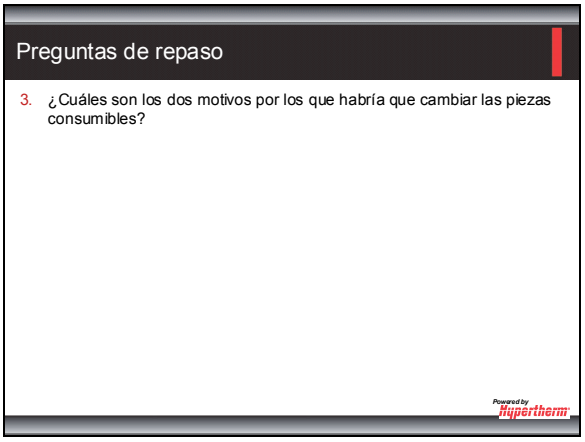
Diapositivas 12 - 16: Repaso y discusión



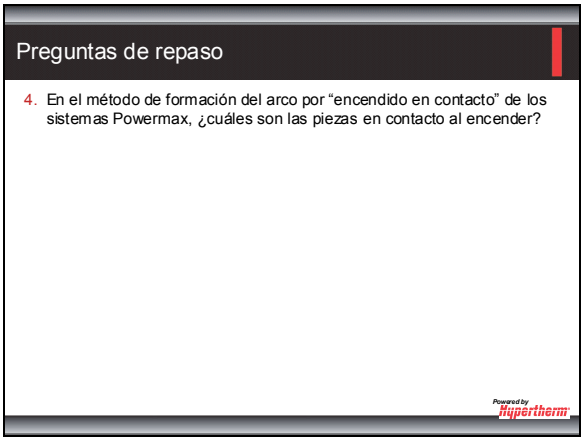
Diapositiva 12: ¿En qué sentido circulan los electrones?



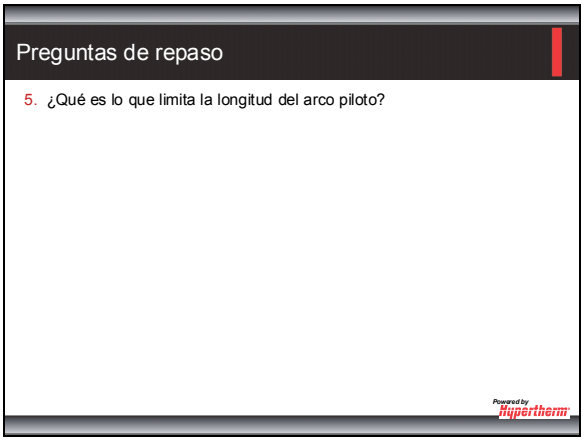
Diapositiva 13: ¿Cómo se forma un arco piloto con el método de encendido en contacto?



Diapositiva 14: ¿Cuáles son los dos motivos por los que habría que cambiar las piezas consumibles?

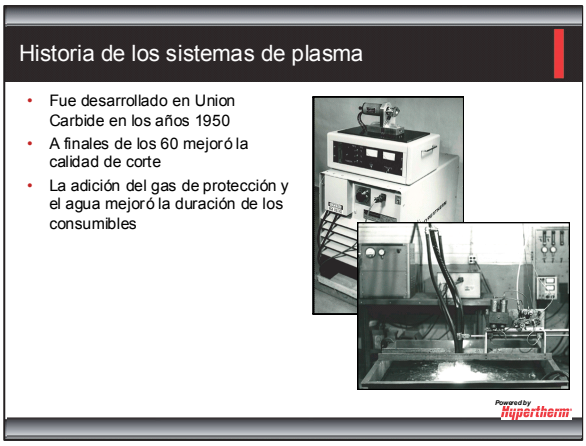


Diapositiva 15: En el método de formación del arco por "encendido en contacto" de los sistemas Powermax, ¿cuáles son las piezas en contacto al encender?



Diapositiva 16: ¿Qué es lo que limita la longitud del arco piloto?

Historia de los sistemas de plasma



Diapositiva 17: Historia de los sistemas de plasma

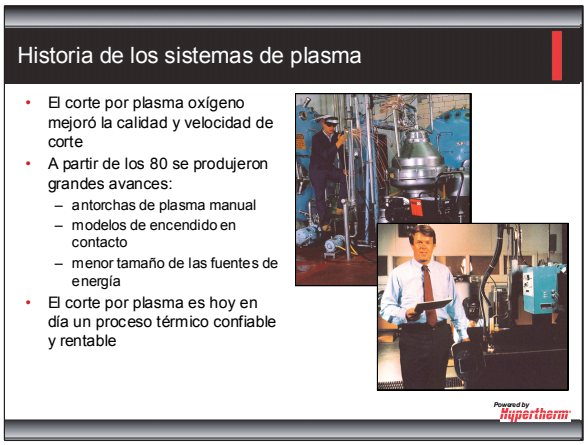
El corte por plasma lo desarrolló un ingeniero de Union Carbide llamado Bob Gage, a mediados de los años 1950. Union Carbide había desarrollado una antorcha de helio para soldadura TIG denominada Heliarc con vista al soldeo del acero inoxidable y aleaciones especiales. Gage constriñó el arco de soldeo con la ayuda una boquilla y aumentó el flujo de gas. De este modo, impartió al gas una cantidad de movimiento y calor suficientes para que el arco pudiera penetrar el material. En 1957, Gage recibió la patente del corte por arco de plasma. Al principio, el plasma se usó para cortar acero inoxidable, lo que no podía hacerse con oxicorte. El acero inoxidable es una parte muy reducida de la producción total de acero en el mundo; la gran mayoría la ocupan el acero al carbono y los aceros aleados. La calidad de corte y la confiabilidad de los primeros sistemas de plasma eran malos y, a finales de los años 50 y principios de los 60, satisfacían una demanda muy específica de un mercado relativamente reducido. La mayoría de los clientes comprarían solo un sistema de corte por plasma por pura necesidad.

A finales de los 60 ya había varias compañías que se dedicaban a la investigación del corte por plasma. El acero inoxidable no era la única posibilidad para el corte por plasma; el mismo ofrecía también una considerable ventaja de velocidad de corte en el acero al carbono respecto al oxicorte. La calidad de corte de este último no era buena, pero de convertirse en una opción viable para el corte de acero al carbono, el mercado del plasma crecería con rapidez. Los investigadores necesitaban dar respuesta a lo siguiente: ¿por qué plasma en lugar de oxicorte para el acero al carbono? La solución fue centrar las investigaciones en mejorar la calidad de corte.

Lo uno condujo a lo otro. La adición de un gas de protección mejoró la duración de las piezas consumibles. Cambiar el gas de protección por agua mejoró aún más la duración de los consumibles. El uso del agua preparó el terreno al corte por plasma con inyección de agua – la turbulencia del agua de protección mejoró la velocidad, la calidad de corte y la duración de los consumibles. A pesar de existir aún considerables problemas con la formación de **escoria**, todo parecía indicar que el plasma sería asimismo una alternativa al oxicorte en el corte del acero al carbono.

La siguiente dificultad fue lograr *sostenidamente* una alta calidad de corte. Aun al empezar la década de los 70, los sistemas de plasma eran caros, no confiables y destinados al corte de acero inoxidable. Las piezas consumibles que duraran más de 100 arranques eran poco usuales. Los operadores nunca estaban seguros de lo que pasaría al apretar el botón de arranque. Las diferencias en la composición del metal afectaban enormemente la calidad de corte. Los fabricantes de sistemas de plasma necesitaban encontrar un método de corte que funcionara bien en todas las variantes de acero al carbono.

La solución fue el corte por plasma oxígeno, la que utiliza este último para reaccionar químicamente con el acero al carbono. Mejoró la calidad de corte y los operadores fueron capaces de hacer cortes con casi o ninguna escoria. Habían sin embargo pros y contras; el oxígeno daba un arco más caliente que agotaba muy rápido los consumibles.. A los clientes les agradaban las velocidades mayores y la mejor calidad de corte, pero no la pérdida de tiempo de producción debida al cambio constante de consumibles. Este problema fue resuelto en 1983 por la inyección de agua, la que enfriaba la boquilla alargando así la duración de los consumibles.



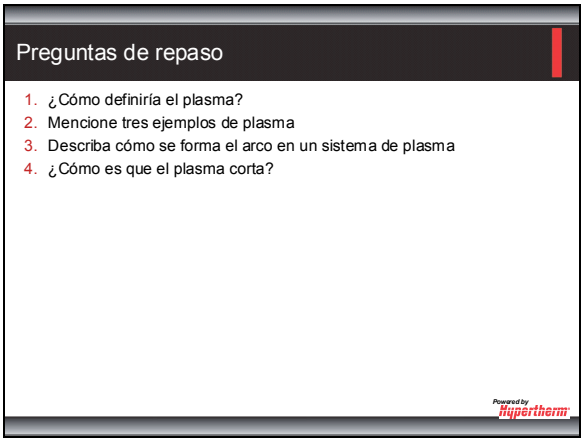
Diapositiva 18: Historia de los sistemas de plasma (continuación)

A partir de los 80 se produjeron grandes avances en la tecnología de corte por plasma. Las antorchas manuales que usan aire como gas plasma hicieron posible su uso en talleres sin acceso a gas embotellado. Poco después se rediseñó el mecanismo de arranque de los sistemas de plasma manual y desapareció la necesidad de alta frecuencia para el encendido. El nuevo diseño de encendido en contacto permitió reducir el tamaño de las piezas. Esta reducción de tamaño y cantidad de piezas en las fuentes de energía significó una enorme diferencia de peso. En 1985, una fuente de energía manual pesaba casi 400 libras y, hoy en día, hay sistemas manuales que pesan apenas 20 libras.

Hace 25 años muchos pensaban que ya no habría más avances importantes en el proceso de corte por plasma. En la actualidad, pasados más de 50 años de su desarrollo inicial, damos por sabido que los fabricantes de plasma están aun lejos de agotar sus posibilidades. Mientras que en el campo del oxicorte no han existido adelantos tecnológicos importantes en muchos años, el corte por plasma continúa desarrollándose. En los últimos 10 años se han visto rápidos avances en la calidad de corte, duración de los consumibles y versatilidad. El corte por plasma es hoy en día un proceso térmico confiable y rentable. Se espera que las investigaciones en curso mejoren aún más la capacidad del plasma.

Escoria:	metal fundido y óxidos solidificados que se adhieren encima o abajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.

Conclusiones



Diapositiva 19: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #1: ¿Qué es el plasma?

1. ¿Cómo definiría el plasma?

_____

_____

_____

_____

2. Mencione tres ejemplos de plasma.

_____

_____

_____

_____

3. Describa cómo se forma el arco en un sistema de plasma.

_____

_____

_____

_____

4. ¿Cómo es que el plasma corta?

_____

_____

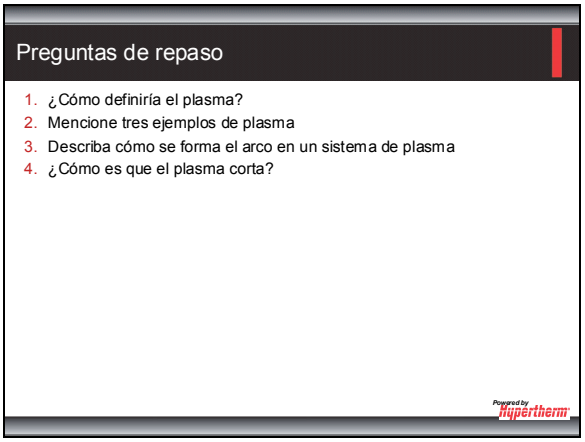
_____

_____

Sesión 2: Uso de los sistemas de plasma en la industria

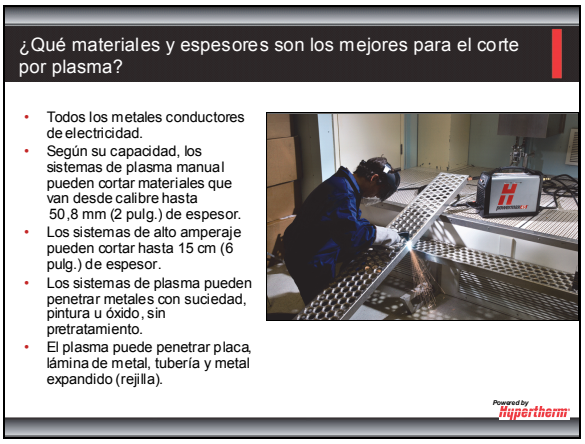
Introducción

Diapositiva 0: título de la clase



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Aplicaciones idóneas para el corte por plasma

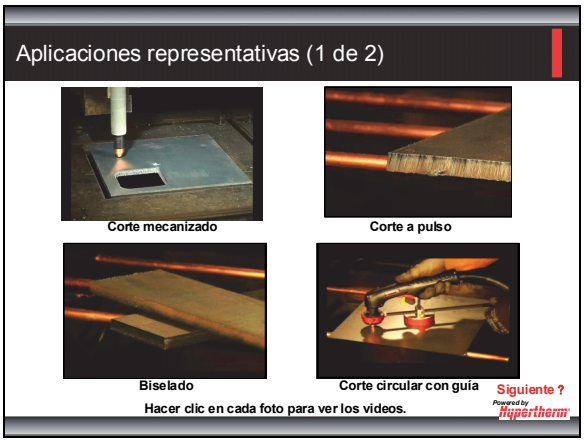


Diapositiva 2: ¿Qué materiales y espesores son los mejores para el corte por plasma?

- Todos los metales conductores de electricidad – con mayor frecuencia acero al carbono, acero inoxidable y aluminio.
- Según su capacidad, los sistemas de plasma manual pueden cortar materiales que van desde calibre hasta 50,8 mm (2 pulg.) de espesor.
- Los sistemas de plasma mecanizados de alto amperaje son capaces de cortar materiales de más de 15 cm (6 pulg.) de espesor.

El plasma puede penetrar metales con suciedad, pintura u óxido sin "pretratamiento" – preparación de la pieza a cortar (el material a cortar) antes de cualquier corte. Otros métodos de corte implican en muchos casos pretratamiento, pero con el plasma todo lo que se necesita es un buen contacto a tierra. Las formas de material que se cortan con plasma son:

- placa
- lámina de metal
- tubería
- metal expandido (rejilla)



Diapositivas 3 y 4: Aplicaciones representativas

- Corte – corte con penetración de una pieza a cortar conductora con una antorcha manual o mecanizada (automatizada):
    - Corte en paquetes – corte con penetración de varias láminas de metal arregladas una sobre otra.
    - Corte con plantilla – corte de una pieza a cortar usando una plantilla o molde como guía.
    - Biselado – una técnica de corte que hace un borde con ángulo de inclinación al material a cortar (como para unir tramos de tubería).
- Perforación – empezar un corte profundizando el arco en la pieza a cortar (lo contrapuesto a empezar el corte por el borde).
- Ranurado – remover metal de la superficie de la pieza a cortar sin partirla en dos (como preparación para soldar o remover una soldadura vieja).
- Marcado – un proceso de bajo amperaje usado normalmente para “escribir” números de piezas o letreros removiendo una capa delgada de la pieza a cortar.

Diapositiva 5: Industrias representativas en las que se usan sistemas de plasma *manual*

Algunos usos comunes de los sistemas de plasma manual son:

- Procesos de fabricación (calderas a presión, etcétera) y producción – maquinaria para procesar alimentos, equipos para obras de autopista, fabricación de señales de tráfico, fabricación de tanques y otras por el estilo.
- Mantenimiento de instalaciones y equipos – por ejemplo, vías férreas, aserraderos.
- Construcción de edificaciones de acero estructural – estructuras de paredes y techos, fabricación de cerchas para cubierta y piso, instalación de techos, revestimientos y material de cubierta.
- Construcción naval.
- Fabricación y reparación de contenedores.
- Energía – petróleo y gas, plataformas petroleras, transporte por tubería (oleoductos, gasoductos, etc.)
- Reparación y restauración de vehículos – reinstalación de carrocería y chasis, reparación de sistemas de escape, reparación de bastidor y remoción de sistemas de freno.
- Climatización/ contratistas mecánicos – fabricación y modificación de ductos, fabricación de soportes de suspensión.
- Reparación de equipos agrícolas – quitar paneles oxidados, cortes en bisel, ranurado de soldaduras viejas para reemplazo, fabricación de metal expandido.
- Fabricación de metal decorativo – corte, perforación y ranurado de formas libres, metalistería de aluminio, fabricación piezas ornamentales.

Diapositiva 6: Industrias representativas en las que se usan sistemas de plasma *mecanizado*

Algunos usos comunes de los sistemas de plasma mecanizado son:

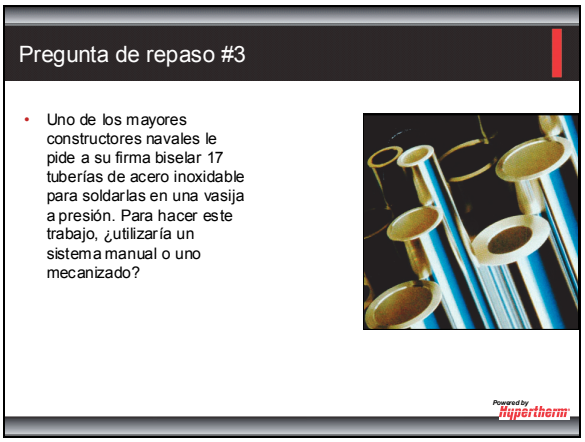
- centros de servicio del acero
- talleres de producción (talleres de fabricación)
- fabricantes industriales – equipos pesados agrícolas y de la construcción
- transporte – carrocerías para remolques, vagones de ferrocarril
- fabricantes de vehículos – paneles, piezas de chasis
- construcción naval – paneles gruesos, consolas
- minería
- energía (molinos de viento)
- defensa – nuclear, submarinos

Diapositiva 7: Pregunta de repaso #1

Un fabricante de equipos médicos de su región llamó para averiguar si puede producir un conjunto de 50 piezas cortadas según los requisitos de un molde en específico. Se necesita que las placas sean de acero al carbono de 25 mm (1 pulg.). ¿Cómo lo haría?

Diapositiva 8: Pregunta de repaso #2

Un cliente acude al taller y pregunta si lo puede ayudar a quitar el soporte de escape oxidado de un camión de cosecha que está restaurando. Él puede traer el camión al taller, pero teme se dañe dado su valor considerable. ¿Cómo lo haría?



Diapositiva 9: Pregunta de repaso #3

Uno de los mayores constructores navales le pide a su firma biselar 17 tuberías de acero inoxidable para soldarlas en una vasija a presión. ¿Cómo lo haría?

Comparación del corte mecanizado

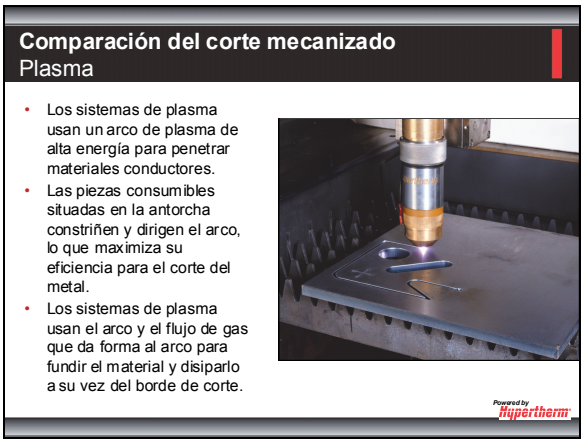
Diapositiva 10: Comparación del corte mecanizado

Existen tres tipos principales de sistemas de corte mecanizado:

- oxicorte
- plasma
- láser

Diapositiva 11: Oxicorte

- Los sistemas de oxicorte utilizan calor generado químicamente para aumentar la temperatura de la pieza a cortar.
- El oxígeno reacciona con el metal al rojo vivo y lo convierte en una escoria de óxido.
- Los operadores deben regular los gases en cada corte.

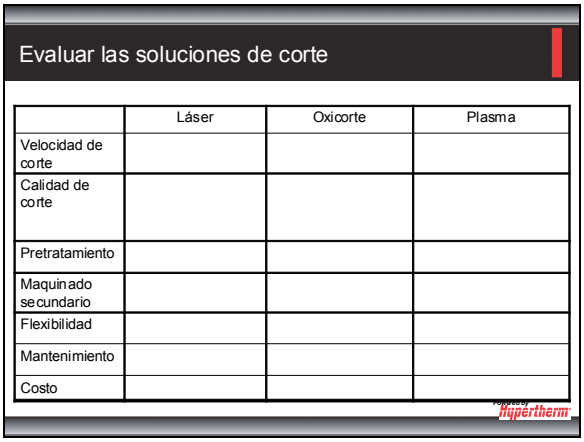


Diapositiva 12: Plasma

- Los sistemas de plasma usan un arco de plasma de alta energía para penetrar materiales conductores.
- Las piezas consumibles situadas en la antorcha constriñen y dirigen el arco, lo que maximiza su eficiencia para el corte del metal.
- Los sistemas de plasma usan el arco y el flujo de gas que da forma al arco para fundir el material y disiparlo a su vez del borde de corte.

Diapositiva 13: Láser

- Para el corte de metal se utilizan dos tipos de láser: CO_2 y fibra óptica.
- Los láseres transmiten energía en forma de fotones coherentes. Los láseres de alta intensidad transmiten energía suficiente como para cortar metales no reflectores. El láser de fibra óptica también se puede usar para cortar algunos metales reflectores.
- El material se funde, arde o se vaporiza y se arrastra con una corriente de gas a presión, dejando un borde de acabado superficial de gran calidad.
- La energía concentrada del láser puede dar anchos de sangría muy reducidos especialmente en materiales delgados.

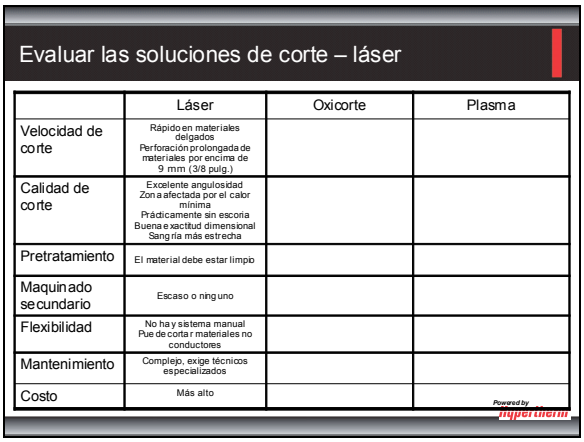


	Láser	Oxicorte	Plasma
Velocidad de corte			
Calidad de corte			
Pretratamiento			
Maquinado secundario			
Flexibilidad			
Mantenimiento			
Costo			

Diapositiva 14: Evaluar las soluciones de corte

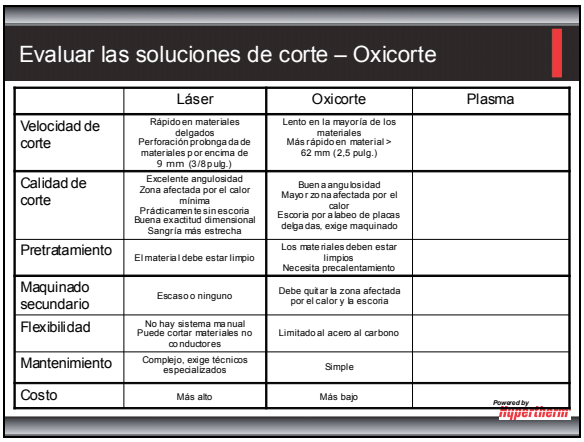
Al tratar de decidir la solución de corte a elegir, analice diferentes factores, entre ellos:

- velocidad de corte – ¿qué velocidad tiene realmente cada proceso?
- calidad de corte – ¿en qué medida queda limpio y encuadrado el corte final? – ¿qué cantidad de escoria queda después del corte? – ¿se necesita rectificación auxiliar?
- pretratamiento – ¿se necesita pretratamiento y limpieza del material antes del corte?
- trabajo auxiliar – ¿qué operaciones se necesitan después del corte y cuánto demoran?
- flexibilidad – ¿puede el sistema de corte adaptarse a diferentes tipos de material, corte y espesores?
- mantenimiento – ¿es difícil el mantenimiento/la reparación del sistema y pueden hacerlo los operadores en el propio establecimiento?
- costo – ¿cuánto cuestan el sistema de corte y las piezas consumibles?



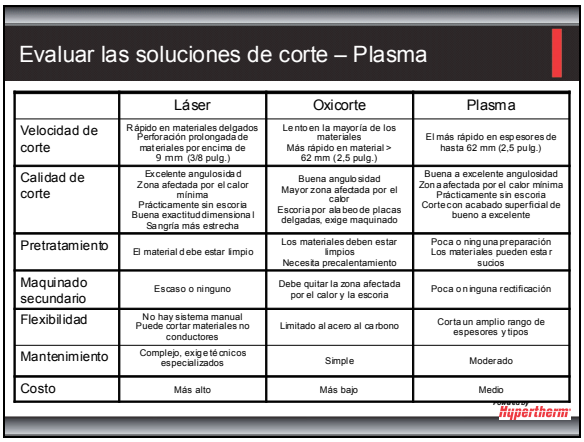
Diapositiva 15: Evaluar las soluciones de corte – láser

- Velocidad de corte: muy rápido en materiales delgados y más lento en los más gruesos; perforación prolongada de materiales por encima de 9 mm (3/8 pulg.).
- Calidad de corte: excelente angulosidad, zona afectada por el calor mínima, prácticamente sin escoria y excelente exactitud dimensional con menor sangría.
- Pretratamiento: hay que limpiar el material para que el láser funcione.
- Maquinado secundario: escaso o ninguno.
- Flexibilidad: pros: el láser es mejor en el corte de láminas de acero al carbono. El láser puede hacer “corte de línea común” – hacer cortes finales en ambos sentidos con un corte único. Esto reduce/elimina las “estructuras”, o sea, los pedazos de lámina metálica que se desechan después del cortar las piezas. Contras: no hay sistemas de láser manual, de modo que la pieza a cortar tiene que estar sobre una mesa. El láser de fibra óptica puede cortar algunos materiales reflectores. El corte del material reflector (aluminio) con láser de CO_2 necesita pretratamiento para recubrir la superficie.
- Mantenimiento: el mantenimiento es complejo y exige técnicos especializados.
- Costo: de los tres, el láser tiene el costo inicial más alto – hay sistemas láser que cuestan más de $1 millón.



Diapositiva 16: Evaluar las soluciones de corte – oxicorte

- Velocidad de corte: velocidades de corte lentas en un amplio rango de espesores (más rápido que los demás en acero al carbono con más de 62 mm [2,5 pulg.]); el precalentamiento aumenta la duración de la perforación y reduce la velocidad de corte en general.
- Calidad de corte: buena angulosidad, mayor zona afectada por el calor, alabeo de placas delgadas, niveles de escoria que exigen maquinado.
- Pretratamiento: los sistemas de oxicorte tienen que precalentar la pieza antes del corte. El área de corte no debe tener óxido/suciedad/pintura para el corte. El operador debe regular el flujo de gas de cada antorcha y es frecuente que las mesas de oxicorte usen varias antorchas para compensar las menores velocidades de corte.
- Maquinado secundario: es posible que los operadores tengan que rectificar la zona afectada por el calor, mayor que en los demás sistemas; este proceso es difícil y demanda mucho tiempo.
- Flexibilidad: el oxicorte está limitado al acero al carbono y no es eficaz en acero inoxidable ni aluminio.
- Mantenimiento: requisitos de mantenimiento simples que con frecuencia pueden llevar a cabo los grupos internos del mantenimiento.
- Costo: el oxicorte tiene el costo inicial más bajo de los tres.



Diapositiva 17: Evaluar las soluciones de corte – plasma

- Velocidad de corte: el más rápido para un amplio rango de espesores, hasta 62 mm (2,5 pulg.).
- Calidad de corte: buena a excelente angulosidad, zona afectada por el calor mínima, prácticamente sin escoria y corte con acabado superficial de bueno a excelente.
- Pretratamiento: necesita poca o ninguna preparación. Tolerante con pintura/suciedad/óxido/aceite en la pieza a cortar.
- Maquinado secundario: poca o ninguna rectificación; por lo general menos que el oxicorte.
- Flexibilidad: corta un amplio rango de espesores de material y tipos.
- Mantenimiento: requisitos de mantenimiento moderados; muchos componentes pueden repararlos los grupos internos de mantenimiento.
- Costo: el costo inicial está por lo regular entre el del oxicorte y el láser, yendo de menos de $2000 a $55 000.

Nombre: _____

Fecha: _____

Actividad pros y contra

Llene la tabla siguiente calificando cada criterio para cada tecnología de corte con 1, 2 ó 3, siendo 1 el mejor de los tres, 2 el término medio y 3, el peor.

	Plasma	Oxicorte	Láser
Velocidad de corte			
Calidad de corte			
Pretratamiento			
Maquinado secundario			
Flexibilidad			
Mantenimiento			
Costo inicial			

Diapositiva 19: Recapitulación de la actividad pros y contras

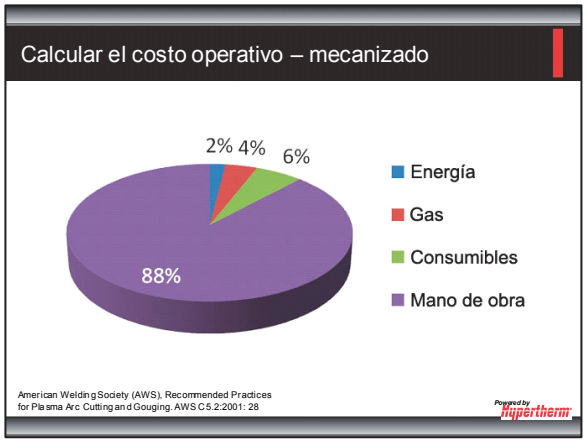
- El oxicorte está limitado al acero al carbono y no es eficaz en acero inoxidable ni aluminio.
- El plasma da una combinación óptima de calidad de corte, productividad y costo operativo en acero al carbono, acero inoxidable y aluminio, a lo largo de un amplio rango de espesores a un precio competitivo de inversión y equipos.
- El láser da excelente calidad de corte y productividad en materiales delgados. La tecnología láser tiene una elevada inversión en equipos y mayor costo de operación y mantenimiento, por lo tanto, exige un volumen de negocios superior para amortizar el costo.

Análisis de costo/beneficio

Diapositiva 20: Costos iniciales

Repasar los costos iniciales relacionados con los sistemas de plasma:

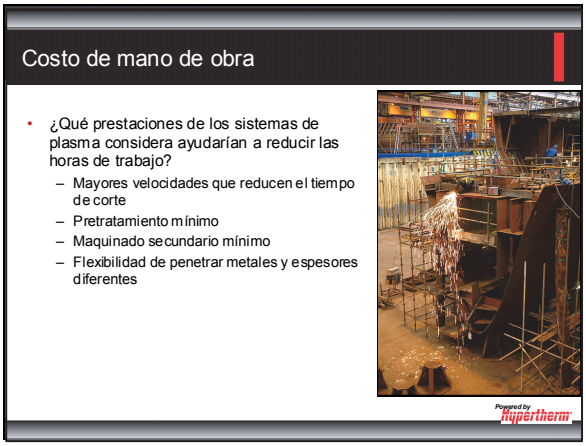
- el rango de costo de los sistemas de plasma va de menos de $2000 (una unidad manual pequeña) a más de $55 000 (sistemas mecanizados de precisión);
- el costo inicial incluye también las conexiones eléctricas y de gas;
- además, deberán tenerse en cuenta los equipos auxiliares como mesas, ventilación y manipulación de materiales. Dependiendo de los requisitos, estos costos pueden ser tanto o más que los del propio sistema.



Diapositiva 21: Calcular el costo operativo

El costo total de operar cualquier tipo de equipo de corte (después del gasto inicial en equipos) se compone de cuatro costos principales:

- energía para el funcionamiento del equipo (2%)
- gas para formar el plasma (4%)
- piezas de repuesto, entre ellas los consumibles de la antorcha (6%)
- mano de obra necesaria para operar y mantener los equipos, hacer el pretratamiento necesario y llevar a cabo cualquier maquinado secundario (88%)



Diapositiva 22: Costo de mano de obra

Dado que la mano de obra es con mucho el mayor factor en el cálculo del costo operativo, analice las prestaciones de los sistemas de plasma que considere ayudarían a reducir las horas de trabajo.

Diapositiva 23: Introducción al caso práctico

Nombre: _____

Fecha: _____

Caso práctico para calcular el costo de mano de obra

Dos constructores navales de Virginia Beach están compitiendo por un contrato para dar mantenimiento programado a un buque portacontenedores. Una parte del trabajo implica quitarle los paneles oxidados al casco de la nave y sustituirlos por los nuevos que se van a cortar de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.) de espesor. El buque tiene 100 paneles que se necesita reemplazar.

- ACME Incorporated usa un sistema de oxicorte confiable que tiene en su taller desde hace años. El costo de mano de obra se calcula en $100 por hora. Basados en su experiencia, saben que se necesitarán las siguientes tareas de corte para concluir este trabajo:

  quitar los paneles oxidados..... 10 minutos por panel

  cortar los paneles de repuesto de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.)..... 25 minutos por panel

  rectificar los paneles de repuesto antes de soldarlos.... 10 minutos por panel

  soldar los paneles de repuesto..... 15 minutos por panel

- BRAVO Industries utiliza un sistema de corte por plasma. El costo de mano de obra se calcula en $100 por hora. Basados en su experiencia, saben que se necesitarán las siguientes tareas de corte para concluir este trabajo:

  quitar los paneles oxidados..... 10 minutos por panel

  cortar los paneles de repuesto de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.)..... 5 minutos por panel

  soldar los paneles de repuesto..... 15 minutos por panel

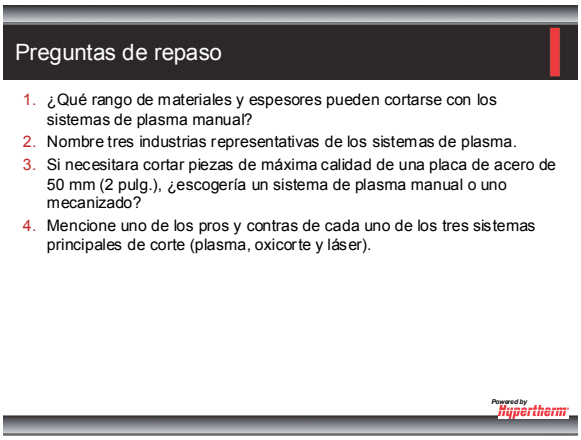
Calcule el costo de mano de obra para ejecutar este trabajo y después responda las preguntas siguientes:

1. ¿Cuál es el costo de mano de obra de ACME para los cortes que necesita este trabajo?

2. ¿Cuál es el costo de mano de obra de BRAVO para los cortes que necesita este trabajo?

3. ¿Qué compañía supone que conseguirá el trabajo?

Conclusiones



Diapositiva 24: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #2: Uso de los sistemas de plasma en la industria

1. ¿Qué rango de materiales y espesores pueden cortarse con los sistemas de plasma manual?

2. Nombre tres industrias representativas de los sistemas de plasma.

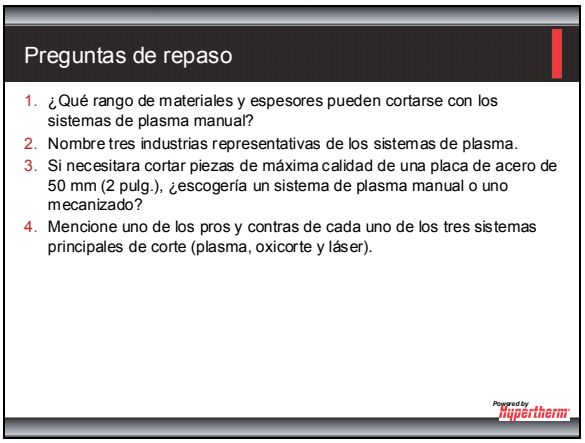
3. Si necesitara cortar piezas de máxima calidad de una placa de acero de 50 mm (2 pulg.), ¿escogería un sistema de plasma manual o uno mecanizado?

4. Mencione uno de los pros y contras de cada uno de los tres sistemas principales de corte (plasma, oxicorte y láser).

Sesión 3: Descripción general de un sistema de plasma

Introducción

Diapositiva 0: título de la sesión



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Partes de un sistema de plasma

Diapositiva 2: Partes de un sistema de plasma

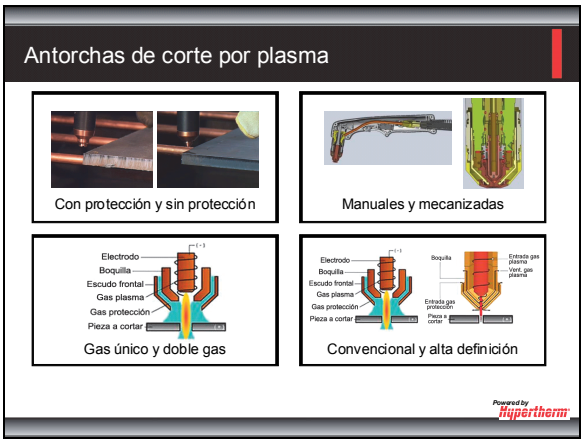
Un sistema de plasma tiene normalmente los siguientes componentes:

- Fuente de energía
- Antorcha manual y juego de consumibles
- Cable de masa

En dependencia del fabricante, también puede tener estos componentes opcionales:

- Antorcha mecanizada
- Consumibles extra

Antorchas de corte por plasma

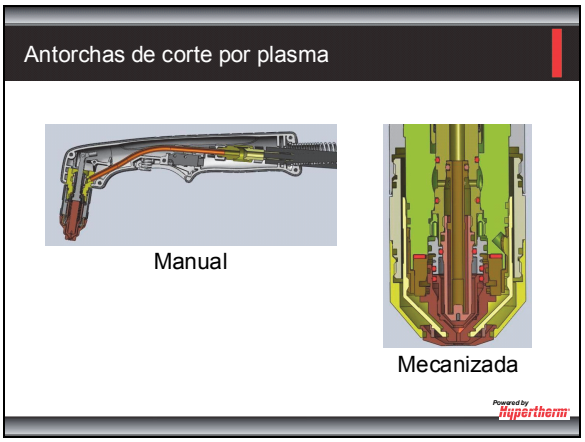


Diapositiva 3: Antorchas de corte por plasma

- Con protección y sin protección
- Manuales y mecanizadas
- Gas único y doble gas
- Convencional y alta definición

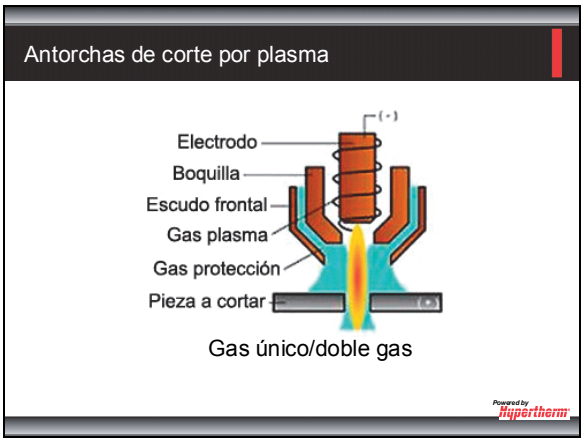
Diapositiva 4: Con protección y sin protección

- El montaje original del corte por plasma fue con consumibles sin protección; el gas fluía entre el electrodo y la boquilla formando el plasma.
- La boquilla daba forma al plasma que penetraba el metal.
- Al usar consumibles sin protección la separación es obligatoria. El operador mantiene la boquilla alejada unos 3 mm de la placa. Si la antorcha toca la placa los consumibles se pueden dañar o arruinar.
- Algunos operadores utilizan consumibles sin protección porque les dan mayor visibilidad del arco en espacios confinados.
- La protección tiene varios objetivos:
    - la punta de arrastre con protección permite a la antorcha descansar en la pieza manteniendo la debida distancia de separación.
    - proteger los consumibles manteniendo la boquilla eléctricamente neutra (sin carga),
    - facilitar alguna restricción al arco secundario.



Diapositiva 5: Manual y mecanizado

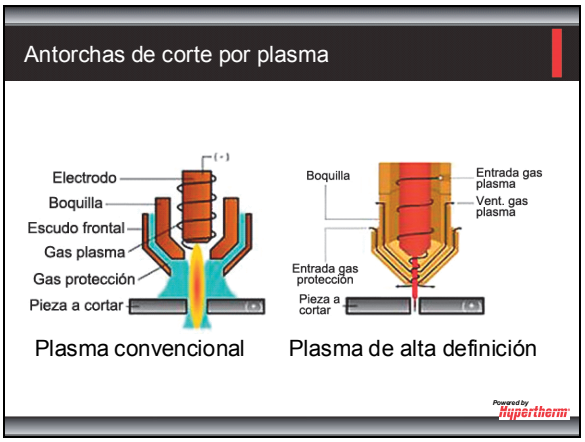
- Diferentes mecanismos de arranque – las antorchas manuales son con frecuencia de encendido en contacto, mientras que las antorchas mecanizadas pueden usar encendido en contacto o alta frecuencia.
- Las antorchas manuales se enfrían con aire, las mecanizadas pueden hacerlo con agua.



Diapositiva 6: Gas único y doble gas

- La mayoría de las antorchas de gas único y doble gas tienen un escudo frontal protegiendo la boquilla, así como un flujo de gas secundario rodeándola; el flujo secundario se llama “gas de protección”. La diferencia entre los diseños de gas único y doble gas es simple: si se usa un mismo gas para plasma y protección la antorcha es de gas único. Si son diferentes, es de doble gas.
- La selección del gas de protección depende de la aplicación de corte en específico.
- El gas de protección tiene 3 fines:
    - enfriar la boquilla
    - impedir que el calor irradie de nuevo hasta la boquilla
    - ayudar a quitar el material fundido
- En los sistemas manuales el gas plasma y el de protección normalmente provienen de una misma fuente; por lo general aire comprimido o nitrógeno. Esto se debe a que:
    - la calidad de corte es menos importante que en los sistemas mecanizados
    - varios cilindros de gas, además del conjunto de cables y mangueras afectan la transportabilidad del sistema.

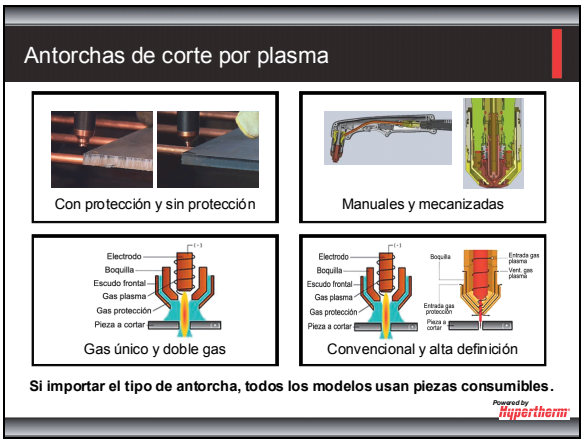
Existen muchas combinaciones de gases y su selección se hace de acuerdo con el equipo y la aplicación en específico; las consideraciones sobre los gases se tratarán más ampliamente después, en esta sesión.



Diapositiva 7: Plasma convencional y de alta definición

- El plasma de alta definición, también denominado “corte por plasma de precisión” es el método mecanizado más avanzado de constricción del arco.
- Los equipos de alta definición dan arcos de plasma sumamente constreñidos con una densidad de energía mucho mayor.
    - La densidad de energía se logra por medio de boquillas de vórtice de alto flujo, cámaras mezcladoras de alta velocidad, campos magnéticos y otras tecnologías en desarrollo.
    - Puede asemejarse a la calidad de corte láser en cuanto a angulosidad y escoria.
    - Se usa solamente en aplicaciones mecanizadas.

Juegos de consumibles

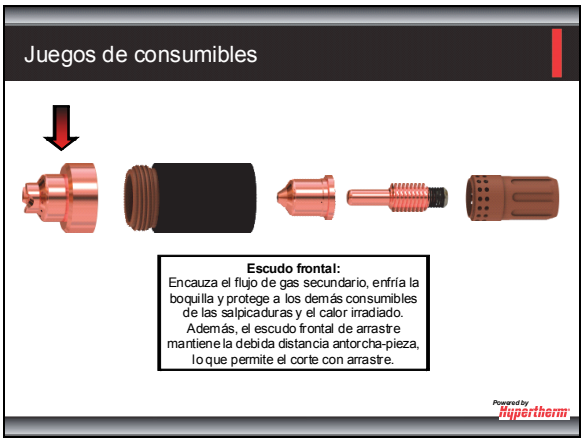


Diapositiva 8: Antorchas de corte por plasma

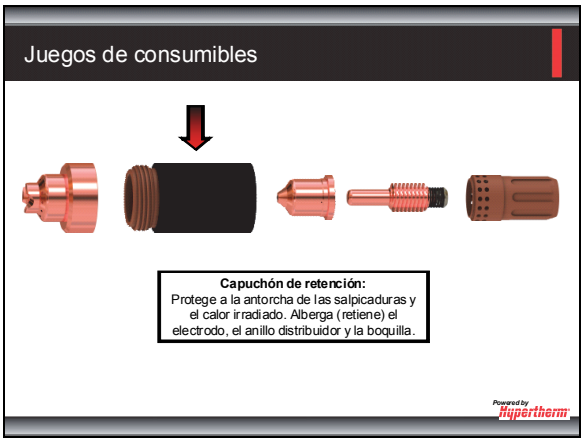
- El elemento que todas las antorchas tienen en común son sus piezas consumibles.

Diapositiva 9: Juegos de consumibles

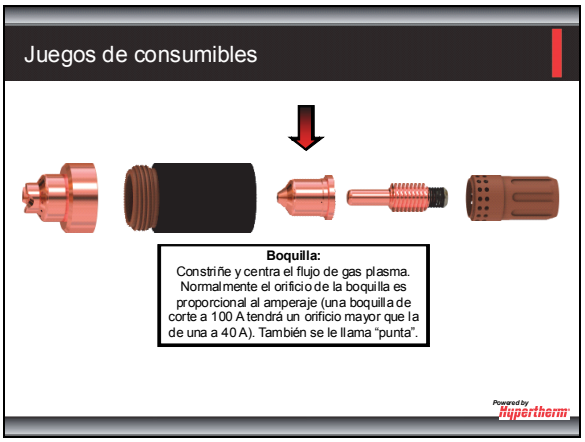
- Las partes de la antorcha que se desgastan a lo largo del tiempo son los consumibles.
- La frecuencia con que necesitará cambiar los consumibles dependerá de varios factores:
  - espesor y tipo de material a cortar
  - longitud de corte promedio
  - calidad del aire (presencia de aceite, humedad u otros contaminantes)
  - si usa perforación o arranque desde el borde
  - si mantiene la distancia antorcha-pieza con los consumibles sin protección
  - debida altura de perforación
  - el tipo de consumibles que esté empleando
- En los sistemas Hypertherm, un juego de consumibles dura aproximadamente de 1 a 2 horas de “arco encendido” para el corte manual y tanto como de 3 a 5 horas para el corte mecanizado.
- El debido cuidado y el reemplazo de estas piezas es crucial para lograr cortes de máxima calidad, seguros y económicos.
- Cuando vaya a inspeccionar o cambiar las piezas consumibles de la antorcha, cumpla siempre las instrucciones de desconexión de la energía



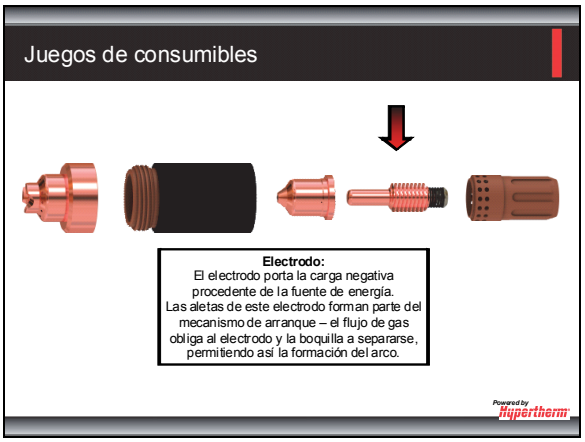
- **Escudo frontal (diapositiva 10)** – encauza el flujo de gas secundario, enfría la boquilla y protege a los demás consumibles de las salpicaduras y el calor irradiado. El escudo frontal mantiene la debida distancia antorcha-pieza, lo que permite el corte con arrastre. Las ranuras que tiene la punta del escudo frontal permiten al flujo de gas disipar el material fundido (y el calor) del juego de consumibles.



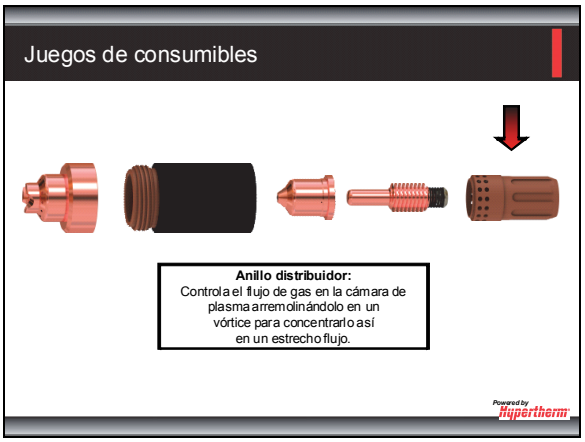
- **Capuchón de retención (diapositiva 11)** – protege a la antorcha de las salpicaduras y el calor irradiado. Alberga (retiene) el electrodo, el anillo distribuidor y la boquilla.



- **Boquilla (diapositiva 12)** – constriñe y centra el flujo de gas plasma. Normalmente el orificio de la boquilla es proporcional al amperaje. La boquilla de una máquina de 100 A tendrá un orificio mayor que la de un Powermax45 (45 A). Tenga presente, además, que hay boquillas de ranurado especiales que tienen un orificio más grande. Los operadores disminuirán la presión del gas, con lo que se produce un arco de plasma más ancho y menos concentrado.



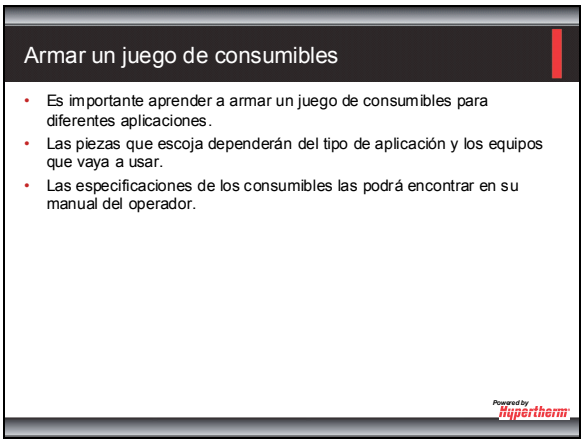
- **Electrodo (diapositiva 13)** – cobre con un inserto conductor (hafnio); el electrodo porta la carga negativa procedente de la fuente de energía. Las aletas de este electrodo forman parte del mecanismo de arranque – el flujo de gas obliga al electrodo y la boquilla a separarse, permitiendo así la formación del arco.



- **Anillo distribuidor (diapositiva 14)** – controla el flujo de gas en la cámara de plasma. Fíjese que los orificios del anillo distribuidor están inclinados para arremolinar el gas en un vórtice (torbellino), concentrándolo así en un estrecho flujo.

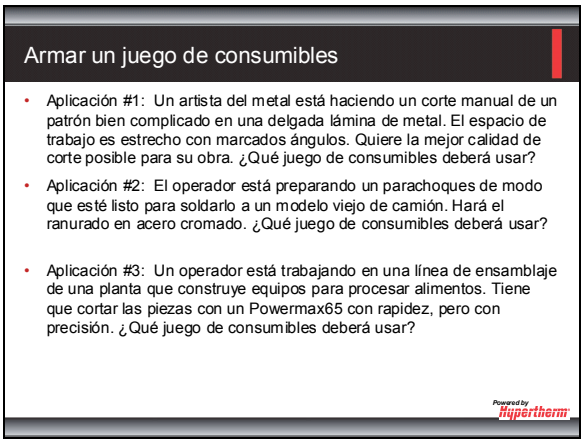
  Al estar todo ensamblado, los orificios del anillo distribuidor quedan por debajo de las aletas del electrodo. Al pasar el gas por estos orificios, empuja las aletas del electrodo y lo obliga a separarse de la boquilla. Este movimiento, denominado “blowback”, encendido por retracción del electrodo, es el que permite la formación del arco en los sistemas Powermax45 y Powermax65 por el método de encendido en contacto.

Armar un juego de consumibles



Diapositiva 15: Armar un juego de consumibles

- Es importante que los alumnos aprendan a armar un juego de consumibles para diferentes aplicaciones.
- Las piezas que escoja dependerán del tipo de aplicación y los equipos que vaya a usar.
- Las especificaciones de los consumibles las podrá encontrar en su manual del operador.



Diapositiva 16: Armar un juego de consumibles

- Tarea en grupos de 3 personas. Un alumno utiliza el manual para identificar las piezas adecuadas, otro arma las piezas y el tercero comprueba el trabajo para asegurar que esté correcto. Rotar las funciones en cada una de las actividades siguientes.
- Abra el manual del Powermax65 en la Sección 3. En esta sección están las opciones de consumibles que necesitará para armar un juego de consumibles como es debido.
- Tiene 3 - 4 minutos para armar un juego de consumibles en cada una de estas situaciones. Llene la ficha de trabajo (que se da en la página siguiente) para cada situación.

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Armar un juego de consumibles

Aplicación #1: Un artista del metal está haciendo un corte manual de un patrón bien complicado en una delgada lámina de metal. El espacio de trabajo es estrecho con marcados ángulos. Quiere la mejor calidad de corte posible para su obra. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

Aplicación #2: El operador está preparando un parachoques de modo que esté listo para soldarlo a un modelo viejo de camión. Hará el ranurado en acero cromado. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

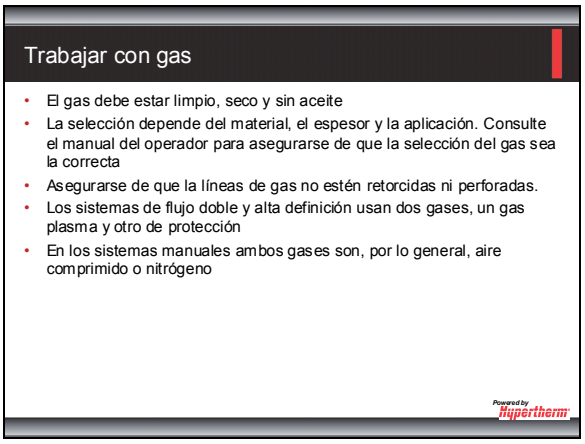
Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

Aplicación #3: Un operador está trabajando en una línea de ensamblaje de una planta que construye equipos para procesar alimentos. Tiene que cortar las piezas con un Powermax65 con rapidez, pero con precisión. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

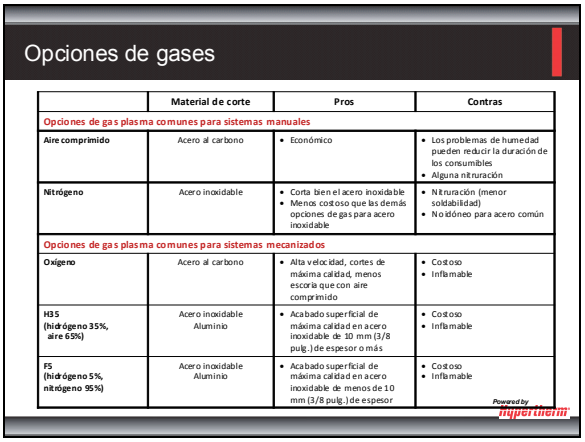
Consideraciones sobre los gases



Diapositiva 17: Trabajar con gas

Analice los siguientes aspectos importantes a considerar al trabajar con gas en un sistema de plasma:

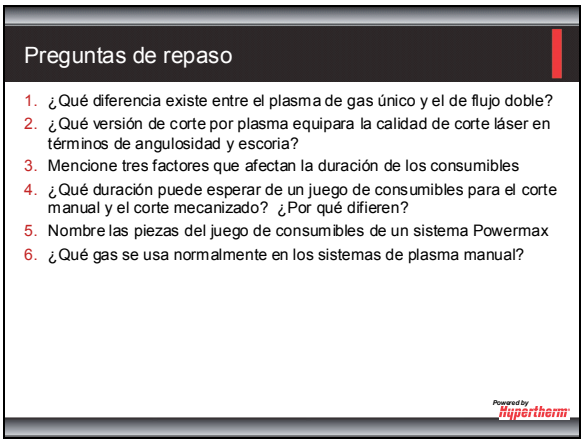
- el gas debe estar limpio, seco y sin aceite,
- los operadores de sistemas de plasma mecanizados usan diferente gases; su selección depende del material, el espesor y la aplicación. Consulte el manual del operador para asegurarse de que la selección del gas sea la correcta,
- asegúrese de que la líneas de gas no estén retorcidas ni perforadas. Una caída de presión en el gas puede afectar la calidad de corte o provocar una pérdida de arranque,
- los sistemas de flujo doble y alta definición usan dos gases, un gas plasma y otro de protección, para dar la mejor calidad de corte y duración de los consumibles. En los sistemas manuales ambos gases son, por lo general, aire comprimido o nitrógeno.



Diapositiva 18: Opciones de gases

En la tabla se muestran cuatro de los gases más comunes que se emplean en los sistemas de plasma, junto con los pros y contras de cada uno. Analice la tabla con la clase.

Conclusiones



Diapositiva 19: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #3: Descripción general de un sistema de plasma

1. ¿Qué diferencia existe entre el plasma de gas único y el de flujo doble?

_____

_____

_____

_____

2. ¿Qué versión de corte por plasma equipara la calidad de corte láser en términos de angulosidad y escoria?

_____

3. Mencione tres factores que afectan la duración de los consumibles.

_____

_____

_____

4. ¿Qué duración puede esperar de un juego de consumibles para el corte manual y el corte mecanizado? ¿Por qué difieren?

_____

5. Nombre las piezas del juego de consumibles de un sistema Powermax.

_____

_____

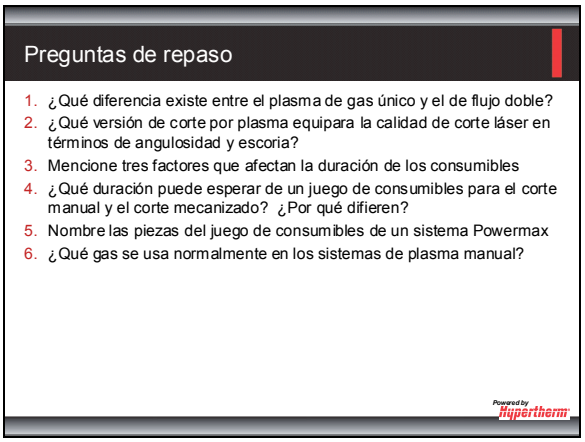
6. ¿Qué gas se usa normalmente en los sistemas de plasma manual?

_____

Sesión 4: Usar el manual del operador de su sistema de plasma

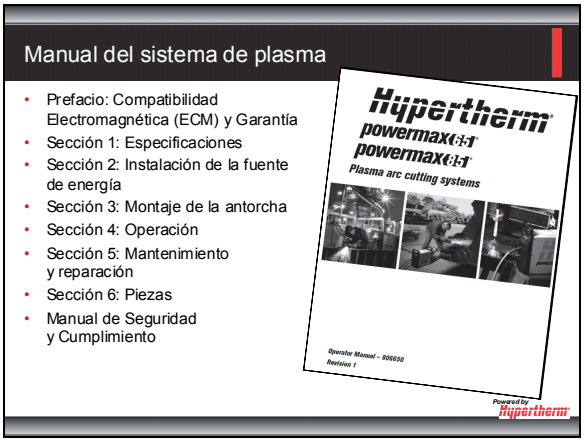
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título



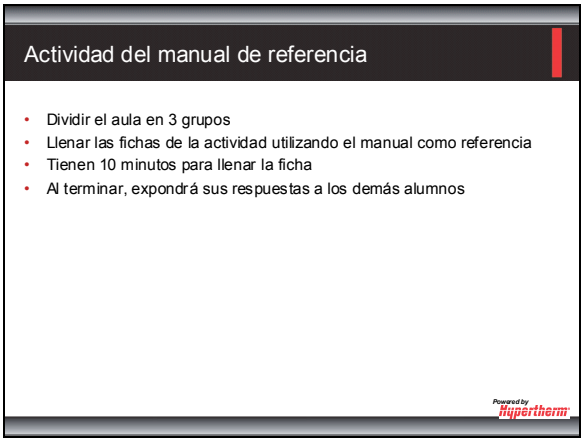
Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Manual del sistema de plasma



Diapositiva 2: Manual del sistema de plasma

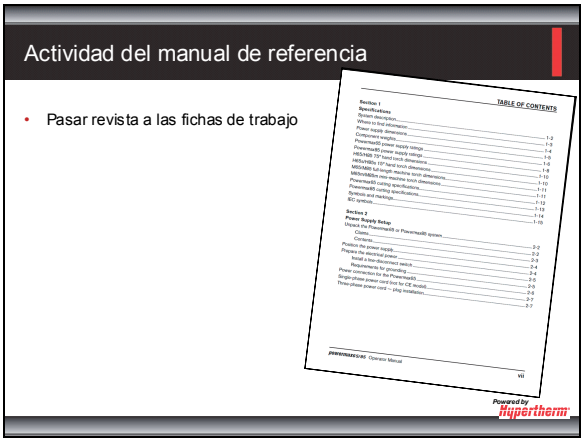
El manual deberá servir al operador como el principal recurso para informarse del sistema de plasma.



Diapositiva 3: Actividad del manual de referencia

Usar el manual del Powermax65 para responder una serie de preguntas.

- Divida el aula en 3 grupos Reparta las tres fichas de trabajo de la actividad – una a cada grupo.
- Cada grupo deberá tener al menos una copia del manual del Powermax65.
- Llenar las fichas de la actividad utilizando el manual y el Manual de Seguridad y Cumplimiento como referencia.
- Tienen 10 minutos para llenar la ficha.



Diapositiva 4: Actividad del manual de referencia

Analice las fichas de trabajo con los alumnos antes de pasar al próximo tema – seguridad.

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #1 del manual de referencia

Usted está trabajando en un taller de chapistería donde se hacen diferentes reparaciones diarias. El taller acaba de comprar un sistema Powermax65 con la intención de usarlo en todo tipo de corte manual. Necesitará instalar el sistema y enseñar a sus colegas a usar la máquina.

Responda estas preguntas para empezar su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿qué tipo de de gas utiliza el Powermax65? _____

   _____

2. Sección 3: Montaje de la antorcha – seleccione los consumibles de corte con arrastre con protección correspondientes al corte manual de acero al carbono. _____

   _____

3. Sección 5: Mantenimiento y reparación – al encender el sistema de corte, se ilumina el LED de falla y aparece el código de falla 0-50 en la pantalla LCD. ¿Qué significa esto? _____

   _____

4. Sección 4: Operación – lo primero que hará será cortar un pedazo de placa de 5 mm. ¿Dónde deberá poner el interruptor de modo y cómo se llama ese modo? _____

   _____

5. Sección 3: Montaje de la antorcha – se le pide remover una soldadura existente. ¿Qué número de pieza de escudo frontal debe usar? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – el arco no se transfiere a la pieza a cortar al hacer un corte. ¿Qué deberá hacer? _____

   _____

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #2 del manual de referencia

Trabaja en un taller climatización, principalmente en la fabricación y modificación de ductos. Su jefe le acaba de pedir que se ocupe de una nueva Powermax65 y se prepare para demostrar a sus colegas el uso de la máquina.

Responda estas preguntas para empezar con su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Prefacio – ¿Cuánto dura la garantía de la fuente de energía? _____

   _____

2. Manual de seguridad y cumplimiento – ¿qué número de filtro (sombra) de protección para los ojos se necesita como mínimo para el Powermax65? _____

   _____

3. Manual de seguridad y cumplimiento – ¿deberá poner en OFF (apagado) la energía para desarmar la antorcha? _____

   _____

4. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿cuánto pesa una Powermax65 CSA? _____

   _____

5. Sección 3: Montaje de la antorcha – ¿cuál es la velocidad de corte de mejor calidad (mm/min) para el corte de
   10 mm de aluminio a 65 A con consumibles con protección? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – ¿en qué momento debería reemplazar el electrodo? _____

   _____

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #3 del manual de referencia

Trabaja para un constructor metálico por encargo que hace todo tipo de piezas a usar en la producción. Recientemente compraron un nuevo sistema de plasma Powermax65 y pretenden usarlo para el corte manual y mecanizado. Necesitará instalar el sistema y enseñar a sus colegas a usar la máquina.

Responda estas preguntas para empezar con su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Prefacio – ¿cuánto dura la garantía de fábrica de las piezas de la antorcha? _____

   _____

2. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿qué capacidad de perforación mecanizada tiene el Powermax65? _____

   _____

3. Sección 4: Operación – en el corte manual qué más fácil – ¿empujar la antorcha o halarla/arrastrarla? _____

   _____

4. Sección 4: Operación – se le pide que remueva una soldadura existente. ¿Qué ángulo se recomienda para el ranurado? _____

   _____

5. Sección 4: Operación – ¿qué es lo que hace con la pinza manual? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – el LED de alimentación está parpadeando y aparece el código de error 0-13 en la pantalla. ¿Qué significa esto? _____

   _____

Procedimientos de seguridad

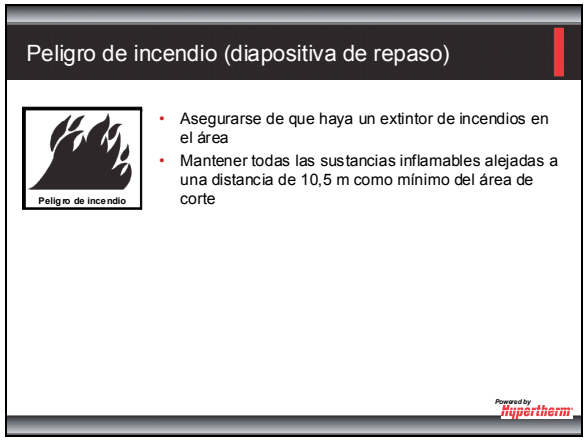
Diapositiva 5: Actividad de procedimientos de seguridad

Hay 9 temas principales de seguridad que se abordan en el manual que son los siguientes:

Peligro de incendio
Descarga eléctrica
Humos tóxicos
Quemaduras con el arco de plasma
Protección de los ojos y la piel
Puesta a tierra
Gas comprimido
Ruido
Marcapasos/aparatos auditivos

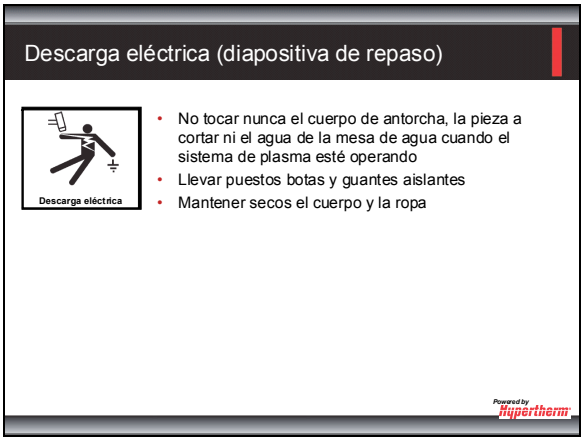
- Divida la clase en grupos y asigne a cada uno un tema de seguridad. Si la cantidad de alumnos no es muy grande quizá quiera combinar los temas como sigue:
    1. Peligro de incendio
    2. Descarga eléctrica
    3. Humos tóxicos
    4. Gas comprimido
    5. Puesta a tierra, ruido y marcapasos/aparatos auditivos
    6. Quemaduras con el arco de plasma y protección de los ojos/la piel

- Dedique 5 minutos a repasar la información de seguridad del tema o temas y estar listo para exponer a los demás lo que aprendió.



Diapositiva 6: Peligro de incendio

- Asegurarse de que haya un extintor de incendios en el área.
- Mantener todas las sustancias inflamables alejadas a una distancia de 10,5 m como mínimo del área de corte.



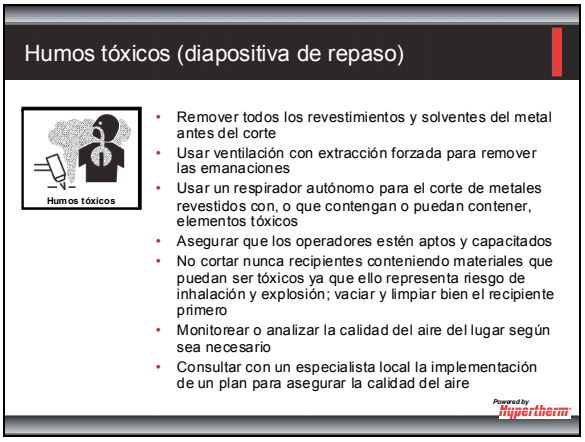
Diapositiva 7: Descarga eléctrica

Tocar las piezas por las que pase electricidad ("conductores vivos") puede provocar una descarga fatal o graves quemaduras. La operación del sistema de plasma cierra el circuito eléctrico entre la antorcha y la pieza a cortar; esta última y todo lo que la toque integran el circuito eléctrico.

- No tocar nunca el cuerpo de antorcha, la pieza a cortar ni el agua de la mesa de agua cuando el sistema de plasma esté operando.
- Llevar puestos botas y guantes aislantes.
- Mantener secos el cuerpo y la ropa.

Los voltajes y corrientes peligrosos en la punta del plasma y DENTRO de los paneles son suficientes como para producir un trauma, quemaduras o la muerte.

- El equipo solo puede abrirlo personal certificado, debidamente capacitado.
- Si la fuente de energía está conectada con un cable y enchufe, poner la energía en OFF (apagado) y desenchufarla antes de abrir los paneles.
- Si la fuente de energía está siempre conectada, poner en OFF (apagado) y bloquear/etiquetar la energía antes de abrir los paneles.
- Después de quitar la corriente, esperar 5 minutos a que los paneles se descarguen para trabajar en su interior.
- Si el equipo debe tener corriente al abrir los paneles para repararlo y darle mantenimiento, puede existir peligro de explosión por arco eléctrico. Al reparar o dar mantenimiento a los equipos energizados, cumplir TODOS los requisitos locales de prácticas de trabajo seguro y medios de protección individual (por ejemplo, NFPA 70E en EE. UU.).
- Para operar los equipos después de moverlos, abrirlos, repararlos o darles mantenimiento, los paneles deberán estar cerrados y verificada su continuidad a tierra.
- Cuando vaya a inspeccionar o cambiar las piezas consumibles de la antorcha, cumplir siempre primero estas instrucciones de desconexión de la energía.

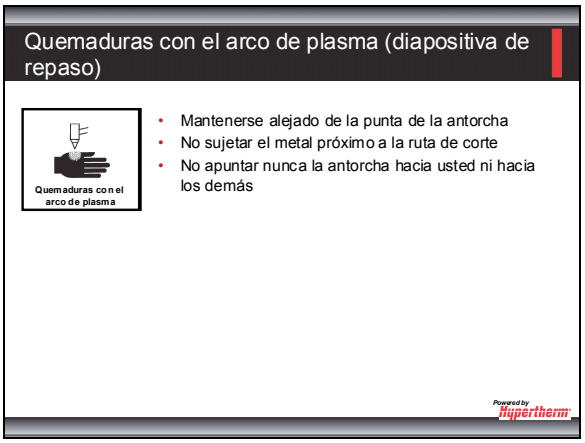


Diapositiva 8: Humos tóxicos

El material a cortar puede emanar humos o gases tóxicos que empobrecen el oxígeno. Los metales que pueden emanar humos tóxicos son, entre otros, el acero inoxidable, el acero al carbono, el zinc (galvanizado) y el cobre. Asimismo, el metal puede haberse revestido con sustancias capaces de liberar humos tóxicos, las que incluyen pero no necesariamente se limitan, al plomo, el cadmio y el berilio.

Para reducir el riesgo de exposición a los humos:

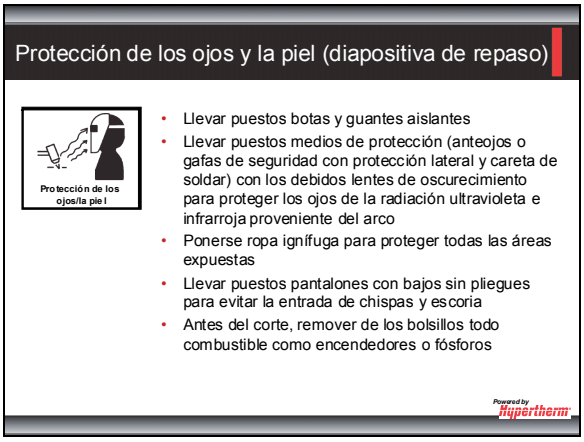
- remover todos los revestimientos y solventes del metal antes del corte;
- usar ventilación con extracción forzada para remover las emanaciones;
- usar un respirador autónomo para el corte de metales revestidos con, o que contengan o puedan contener, elementos tóxicos;
- asegurar que los operadores estén aptos y capacitados;
- no cortar nunca recipientes conteniendo materiales que puedan ser tóxicos ya que ello representa riesgo de inhalación y explosión; vaciar y limpiar bien el recipiente primero;
- monitorear o analizar la calidad del aire del lugar según sea necesario;
- consultar con un especialista local la implementación de un plan para asegurar la calidad del aire.



Diapositiva 9: Quemaduras con el arco de plasma

El arco de plasma prende inmediatamente al activarse el interruptor de la antorcha y penetrará con rapidez los guantes y la piel.

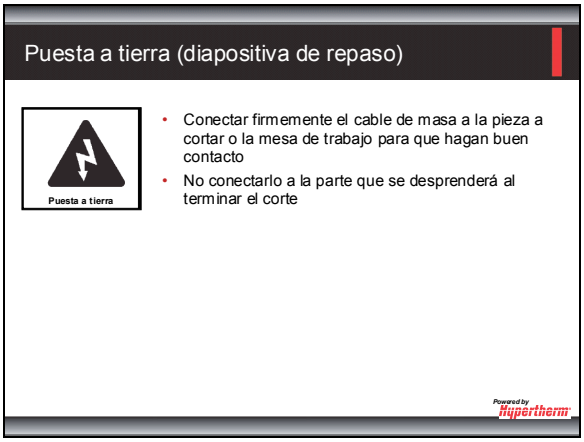
- Mantenerse alejado de la punta de la antorcha.
- No sujetar el metal próximo a la ruta de corte.
- No apuntar nunca la antorcha hacia usted ni hacia los demás.



Diapositiva 10: Protección de los ojos y la piel

El arco de plasma genera radiación visible e invisible (ultravioleta e infrarroja) capaz de quemar los ojos y la piel.

- Llevar puestos botas y guantes aislantes.
- Llevar puestos medios de protección (anteojos o gafas de seguridad con protección lateral y careta de soldar) con los debidos lentes de oscurecimiento para proteger los ojos de la radiación ultravioleta e infrarroja proveniente del arco.
- Ponerse ropa ignífuga para proteger todas las áreas expuestas.
- Llevar puestos pantalones con bajos sin pliegues para evitar la entrada de chispas y escoria.
- Antes del corte, remover de los bolsillos todo combustible como encendedores o fósforos.

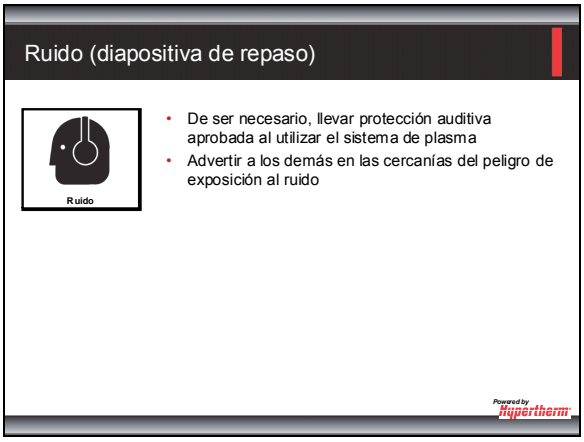


Diapositiva 11: Puesta a tierra

- Conectar firmemente el cable de masa a la pieza a cortar o la mesa de trabajo para que hagan buen contacto.
- No conectarlo a la parte que se desprenderá al terminar el corte.

Diapositiva 12: Equipos de gas comprimido

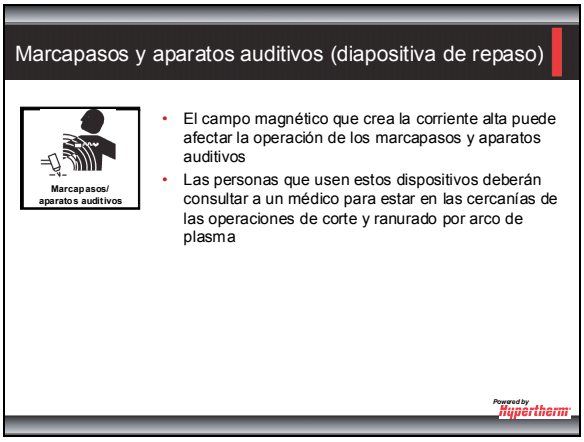
- Usar solamente cilindros de gas, reguladores, mangueras y conectores diseñados para la aplicación en concreto.



Diapositiva 13: Ruido

La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede dañar la audición.

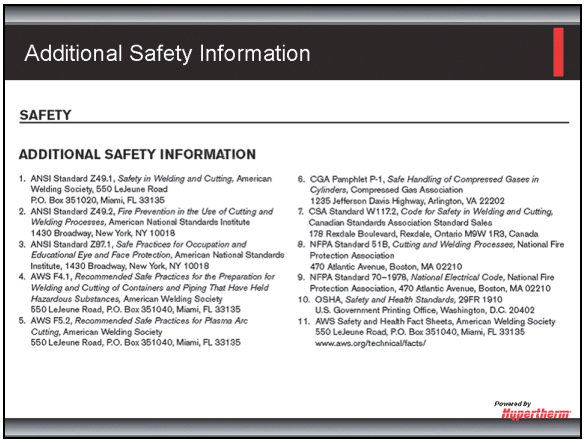
- De ser necesario, llevar protección auditiva aprobada al utilizar el sistema de plasma.
- Advertir a los demás en las cercanías del peligro de exposición al ruido.



Diapositiva 14: Marcapasos y aparatos auditivos

El campo magnético que crea la corriente alta puede afectar la operación de los marcapasos y aparatos auditivos

- Las personas que usen estos dispositivos deberán consultar a un médico para estar en las cercanías de las operaciones de corte y ranurado por arco de plasma.



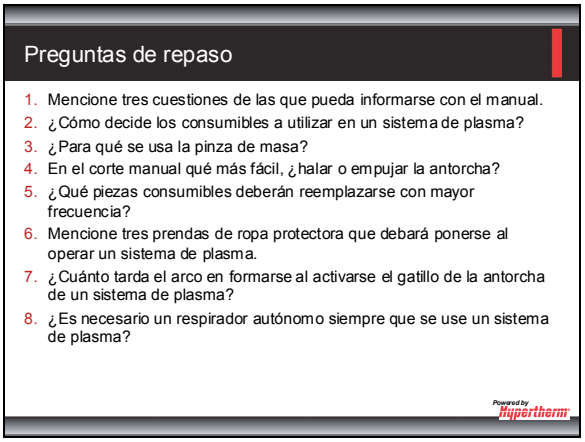
Diapositiva 15: Otra información de seguridad

- Puede encontrar más información de seguridad en los recursos que se muestran en esta diapositiva.

Actividad medios de protección

Diapositivas 16 - 29: Actividad medios de protección

Conclusiones



Diapositiva 30: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #4: Usar un sistema de plasma con seguridad

1. Mencione tres cuestiones de las que pueda informarse con el manual.

_____

_____

_____

2. ¿Cómo decide los consumibles a utilizar en un sistema de plasma?

_____

3. ¿Para qué se usa la pinza de masa?

_____

_____

4. En el corte manual qué más fácil, ¿halar o empujar la antorcha?

_____

5. ¿Qué piezas consumibles deberán reemplazarse con mayor frecuencia?

_____ _____

6. Mencione tres prendas de ropa protectora que deba ponerse al operar un sistema de plasma.

_____ _____ _____

7. ¿Cuánto tarda el arco en formarse al activarse el gatillo de la antorcha de un sistema de plasma?

_____

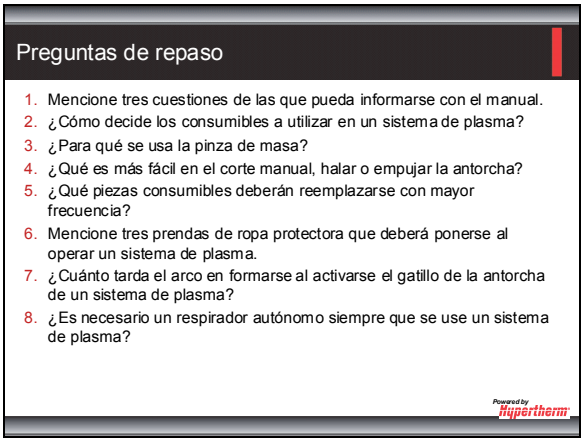
8. ¿Es necesario un respirador autónomo siempre que se use un sistema de plasma?

_____

Sesión 5: Operación del sistema de plasma

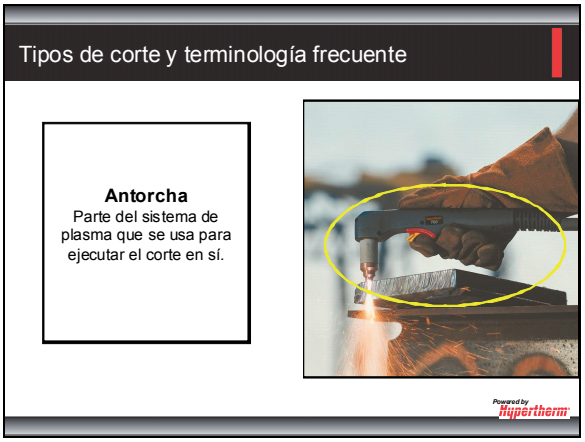
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título

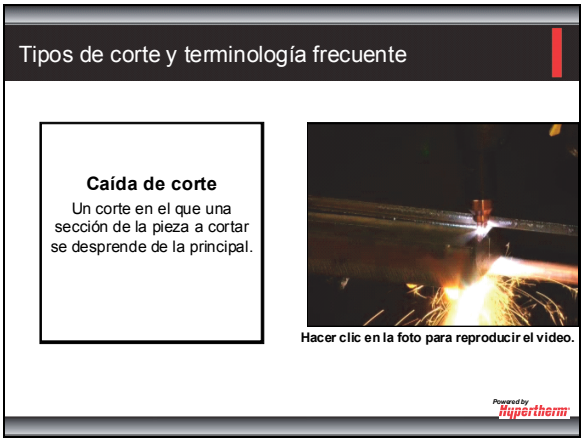


Diapositiva 1: Preguntas de repaso

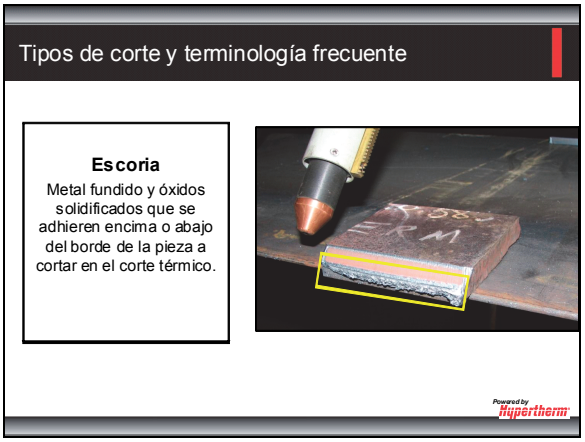
Terminología frecuente



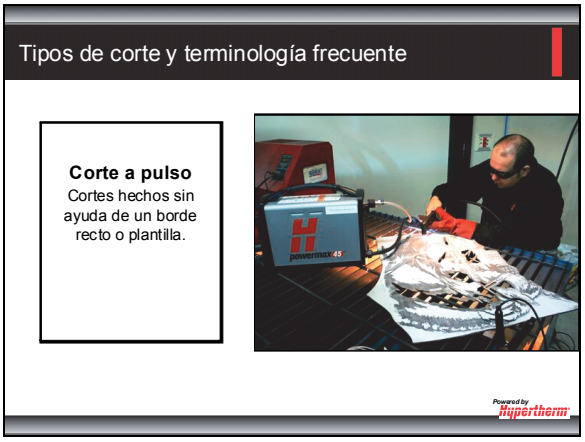
Diapositiva 2: Repaso de terminología frecuente



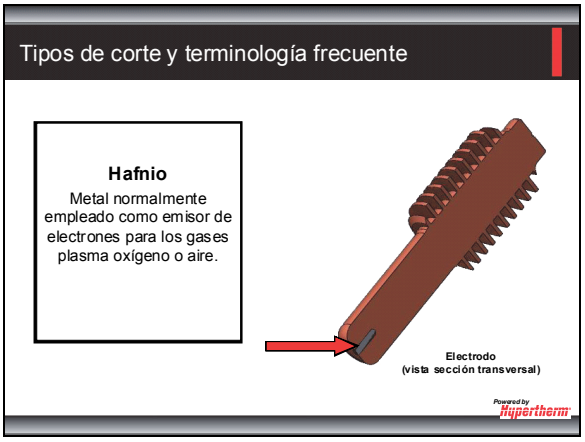
Diapositiva 3: Repaso de terminología frecuente



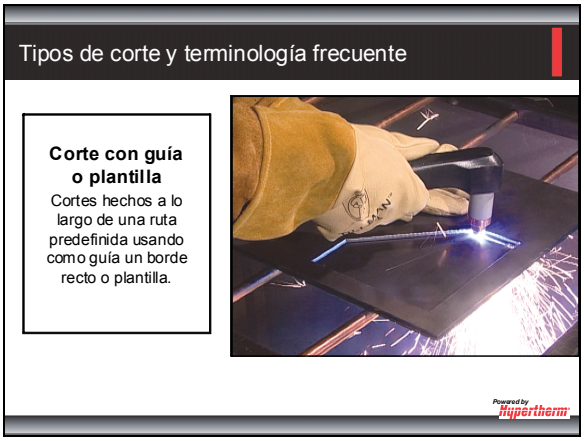
Diapositiva 4: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 5: Repaso de terminología frecuente



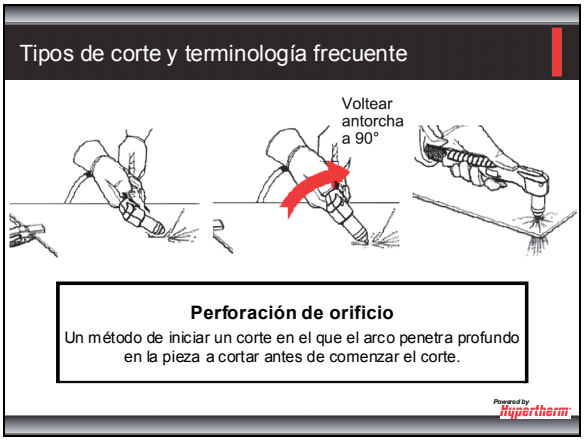
Diapositiva 6: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 7: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 8: Repaso de terminología frecuente

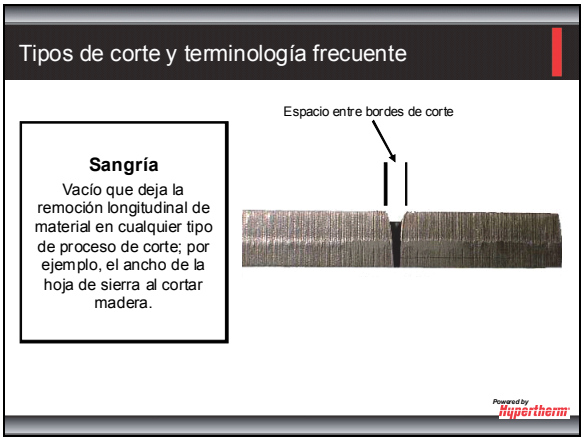
Diapositiva 9: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 10: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 11: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 12: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 13: Repaso de terminología frecuente

Arrancar la máquina

Diapositiva 14: Arrancar la máquina

En las páginas siguientes encontrará un resumen de la información presentada en el video.

Verificar que la energía esté desconectada y, si la fuente de energía es con cable y enchufe, verificar que esté desenchufada antes del paso 1.

Paso 1: Comprobar la debida instalación de los consumibles de la antorcha

- Desenroscar el capuchón de retención para quitar las piezas que van dentro.
- Reinstalar las piezas insertando primero la boquilla y, a continuación, el electrodo seguido del anillo distribuidor.

  Enroscar el capuchón de retención y apretarlo a mano; no apretar demasiado porque se pueden dañar los consumibles.

Paso 2: Conectar los cables y mangueras de la antorcha por el frente de la fuente de energía

Paso 3: Conectar el gas

- Halar el collar de desconexión rápida de la manguera de gas e insertarlo en el dispositivo correspondiente.
- El gas puede ser nitrógeno embotellado o aire comprimido o embotellado.
- El aire deberá filtrarse para remover la suciedad, el agua y aceite porque, de lo contario, podrían dañarse la fuente de energía, la antorcha y los consumibles.
- Presión de gas mínima: 5,5 bar.

  Presión de gas máxima: 6,9 bar.

Paso 4: Conectar la pinza de masa

- Comprobar que el cable de masa esté conectado a la fuente de energía. (Algunos sistemas no tienen un mecanismo de desconexión rápida en el cable de masa). Para lograr una conexión eléctrica óptima en el caso del Powermax65, empujar el conector en el receptáculo y darle 1/4 de vuelta en sentido horario asegurándose de que asiente por completo.
- Conectar firmemente el cable de masa a la pieza a cortar o la mesa de corte, cerca del lugar a cortar.
- Se deben quitar el óxido, la suciedad o los revestimientos para asegurar que hagan buen contacto eléctrico.

  No deberá conectar nunca la pinza a la parte del metal que se desprenderá.

Paso 5: Poner el sistema en ON (encendido)

- Enchufar el cable de alimentación al receptáculo adecuado.
- Poner el sistema en ON (encendido).
- Se iluminará el indicador de energía al frente del sistema.

  Buscar los requisitos de voltaje de entrada en la placa de datos al fondo o detrás de la fuente de energía o en el manual del operador.

Paso 6: Ajustar el interruptor de modo

Poner el interruptor en la posición corte de placa. La posición puede variar. Por ejemplo, en el Powermax45 está en el medio. En el Powermax65 es la segunda posición.

Paso 7: Comprobar la presión de gas

- Los sistemas como el Powermax65 tienen ajuste automático de gas. Excepto se encienda un indicador de falla y se muestre el código de falla de gas en la pantalla LCD, la presión de gas es la debida. Otros sistemas como el Powermax45 posiblemente necesiten que usted ajuste la presión:
  - si la barra LED del manómetro está verde, la presión de gas está bien ajustada
  - si el LED está en amarillo, la presión necesita ajuste
  - para ajustar la presión de gas, mueva la perilla de amperaje en sentido anti horario hasta la posición “prueba de gas”
  - a continuación, hale la perilla del regulador para desbloquearla
  - dé vuelta a la perilla hasta que el LED verde aparezca en el centro de la barra de presión
  - finalmente, empuje la perilla del regulador para bloquearla.

Paso 8: Ajustar el amperaje

- Para utilizar la máxima potencia de corte, ajuste la perilla de amperaje al valor máximo (65 A para el Powermax65).
- Para mejor duración de los consumibles y calidad de corte al cortar metal delgado es necesario bajar el amperaje.

Paso 9: Operar el gatillo de seguridad

- Evitar arranques innecesarios porque reducen la duración de la boquilla y el electrodo.

Ejecutar arranque desde el borde y caída de corte

- Sostener la antorcha verticalmente (perpendicular a la pieza a cortar) por fuera del borde de la pieza a cortar.
- El escudo frontal puede ponerse sobre la pieza a cortar para facilitar el corte.
- Levantar el gatillo de seguridad hacia delante y oprimir el gatillo rojo de la antorcha.
- El arco piloto se transfiere a la pieza a cortar y se convierte en arco de corte.
- Detenerse en el borde para dejar que el arco penetre completamente la pieza a cortar antes de proseguir el corte.
- Para cortar, halar la antorcha sin detenerse.

  Al acercarse al final del corte, desplazar ligeramente la mano con la antorcha alzando la muñeca. Esto inclinará la antorcha en el sentido de corte, permitiendo al arco partir completamente el material.

Velocidad de avance correcta

- Mantener la debida velocidad de avance es crucial para un corte exitoso.
- Observe el arco por debajo de la placa; las chispas deberán rezagarse unos 15° a 30° con respecto al corte.
- Si las chispas salen verticales, la velocidad de avance es demasiado baja.
- Si las chispas salen perpendiculares al corte o saltan de la pieza a cortar, la velocidad es demasiado alta o el sistema no tiene potencia suficiente. Las líneas de retraso en el borde del corte terminado deben tener también de 15° a 30º.

Corte con plantilla

- Para guiar la antorcha se puede usar una guía, un borde recto o una plantilla de corte por plasma.

  Al elaborar una plantilla o colocar el borde recto debe tenerse en cuenta la distancia entre el centro del escudo frontal y el borde.

Corte en bisel

Si está biselando con una guía de corte por plasma o a pulso, recuerde que el espesor de material aumenta proporcionalmente al ángulo de bisel.

Perforación

- La capacidad de perforación del sistema es a grosso modo la mitad de la capacidad de corte máxima.
- En función del espesor de material a perforar y el sistema a utilizar se distinguen dos métodos de perforación:
  - si la perforación es en metal delgado, sostener la antorcha perpendicular a la pieza a cortar y halar el gatillo para transferir el arco;
  - si la perforación es en metal grueso, sostener la antorcha a un ángulo de 45° para que la boquilla quede a unos 3 mm de la pieza a cortar; halar el gatillo para transferir el arco y rotar lentamente la antorcha para enderezarla.

- En ambos métodos el metal fue perforado cuando las chispas salgan por debajo de la pieza a cortar y se pueda empezar el corte.

  Para prolongar la duración de los consumibles se recomienda usar el segundo método que minimiza su deterioro debido al blowback (retracción) del metal fundido.

Corte de metal expandido

- Para cortar metal expandido (rejilla), o una aplicación con cortes discontinuos, ajustar el interruptor de modo en “corte de metal expandido” o la primera posición.
- Esto posibilita al sistema reiniciar automáticamente el arco piloto, sin volver a apretar el gatillo.

  Para cortar, seguir los mismos procedimientos indicados para el corte de placa.

Ranurado

- Para ranurar, poner primero el sistema en OFF (apagado), instalar los consumibles de ranurado y reiniciar el sistema.
- Poner el interruptor de modo en ranurado. En el Powermax 45 es la última posición. En el Powermax65 es la tercera posición.
- En dependencia del sistema que esté usando, posiblemente necesite ajustar la presión de gas y lograr un arco más ancho y difuso para el ranurado. El Powermax65 lo hace en su lugar. Si está usando un Powermax45 u otro sistema sin consola de gases automática:
  - mueva la perilla de amperaje en sentido anti horario hasta la posición “prueba de gas”,
  - hale después la perilla del regulador para desbloquearla, dele vuelta hasta que el LED verde aparezca en el centro de la barra de presión y empújela para bloquearla.
- Ajustar el amperaje a salida total para utilizar la máxima potencia de ranurado.
- Sostener la antorcha a un ángulo de 45º aproximadamente con respecto a la pieza a cortar, dejando un pequeño espacio entre la pieza y la punta de la antorcha y halar el gatillo para transferir el arco.
- Mantener el ángulo y mover lentamente la antorcha a lo largo de la pieza a cortar para remover el metal o soldadura indeseados.
- Si se desea una ranura menos profunda, disminuir el ángulo de la antorcha.

  Para una ranura más profunda, aumentar el ángulo de la antorcha o hacer pases adicionales.

Optimización del sistema

- La calidad de corte y la duración de los consumibles son dos factores muy importantes para los operadores.
- A fin de asegurar que los consumibles de la antorcha duren lo previsto por diseño y rindan según las especificaciones del fabricante, hay que seguir las instrucciones de este video, consultar las tablas de corte para la debida instalación y cumplir los procedimientos correspondientes de mantenimiento.
- Hay una serie de factores que determinan la duración de los consumibles, entre ellos, calidad del aire, técnica de perforación, longitud de corte promedio, pericia del operador, espesor de material y tipo.
- Con frecuencia, la causa de un rendimiento y calidad de corte pobres del sistema es la mala calidad del aire, así que hay que asegurar un aire sin aceite, seco y limpio.

Accesorios

Los fabricantes ofrecen diversos accesorios, entre ellos:

- filtros de aire
- guías de corte por plasma
- funda de cuero para antorcha
- cubiertas contra el polvo para el sistema
- caretas
- guantes

Ejecutar una caída de corte

Objetivo: *desarrollar confianza en el corte por plasma a pulso practicando la técnica, los cambios en velocidad de corte, ángulo de la antorcha, etcétera. Además, repasar y practicar la instalación de la máquina y el uso de los MPI.*

Tiempo: *25 - 30 minutos*

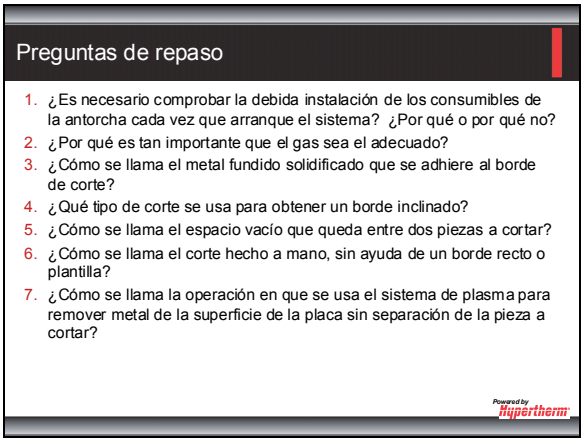
Materiales:

1. sistema de plasma con todas las conexiones necesarias (aire, energía, conexión a tierra),
2. anteojos de protección para toda el aula,
3. al menos un juego completo de medios de protección individual (+2 preferiblemente),
4. un ejemplar de la "Guía de instalación rápida" correspondiente,
5. suficiente acero al carbono para hacer +50 cortes rectos (recomendado: 90 cm x 30 cm como mínimo).

Orientaciones:

- lleve el sistema al área de corte del taller,
- imite la actividad **Arrancar la máquina**; los alumnos se turnan para usar la "Guía de instalación rápida" y preparar el sistema de plasma para el corte,
- analice con el grupo la técnica caída de corte demostrando la velocidad de corte y el ángulo de la antorcha SIN hacer ningún corte en realidad – dejarle a los alumnos lo bueno en esta oportunidad,
- primero, los alumnos se ponen todos los MPI y comprueban que el sistema esté listo para el corte,
- compruebe que todos tengan puestos los anteojos de protección antes de empezar el corte. Recuérdele al grupo la seguridad de los observadores (alejarse de las chispas, llevar puesta protección para los ojos todo el tiempo que dure el corte, etcétera),
- cada alumno tendrá la oportunidad de hacer 2 - 3 caídas de corte,
- los demás alumnos observan al que está haciendo el corte y hacen comentarios constructivos,
- al finalizar el corte, pare y repase la técnica con todo el grupo.

Conclusiones



Diapositiva 15: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #5: Operación del sistema de plasma

1. ¿Es necesario comprobar la debida instalación de los consumibles de la antorcha cada vez que arranque el sistema? ¿Por qué o por qué no?

_____

_____

_____

2. ¿Por qué es tan importante que la presión de gas sea la debida?

_____

_____

_____

3. ¿Cómo se llama el metal fundido solidificado que se adhiere al borde de corte?

_____

4. ¿Qué tipo de corte se usa para obtener un borde inclinado?

_____

5. ¿Cómo se llama el espacio vacío que queda entre dos piezas a cortar?

_____

6. ¿Cómo se llama el corte hecho a mano, sin ayuda de un borde recto o plantilla?

_____

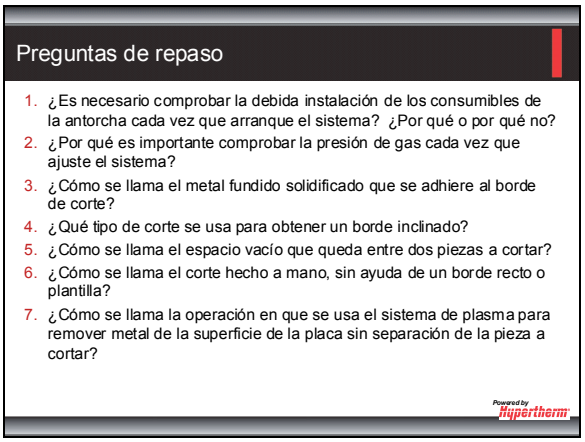
7. ¿Cómo se llama la operación en que se usa el sistema de plasma para remover metal de la superficie de la placa sin separación de la pieza a cortar?

_____

Sesión 6: Evaluar la calidad de corte y localización de problemas

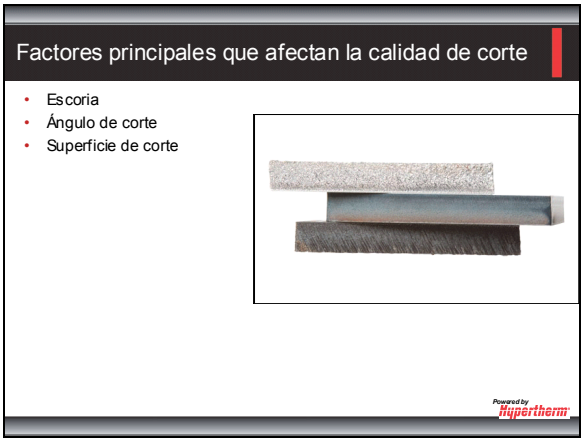
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Factores principales que afectan la calidad de corte



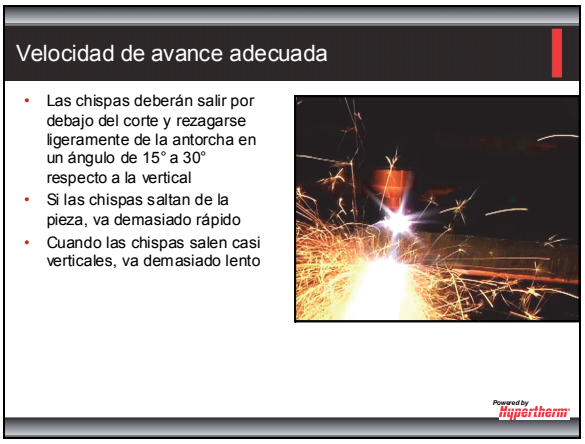
Diapositiva 2: Evaluar la calidad de corte

Al evaluar la calidad de corte, hay tres factores principales a considerar:

- escoria — el material fundido que se solidifica encima o por debajo de la pieza a cortar,
- ángulo de corte — el grado de angulosidad de la cara de corte,
- superficie de corte – la que puede ser cóncava o convexa y tener diferente acabado superficial (en términos de rectitud y textura); el corte por plasma manual por lo regular produce una superficie de corte con más rugosidad que el mecanizado.

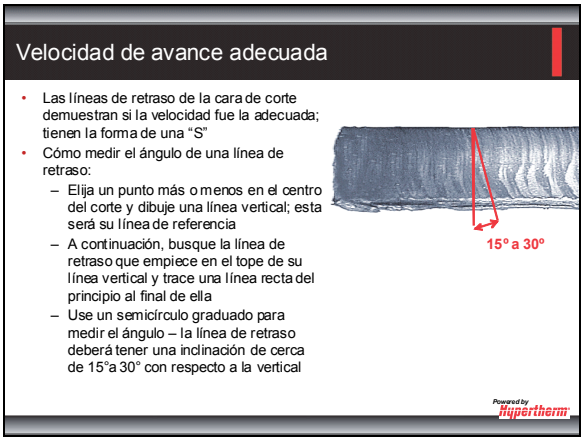
Diapositiva 3: Escoria

- La escoria es el metal fundido y los óxidos solidificados que se adhieren encima o debajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.
- En el corte por plasma aire siempre se formará alguna cantidad de escoria.
- La formación excesiva de escoria se debe principalmente a una velocidad de corte demasiado alta o demasiado baja para el material a cortar.



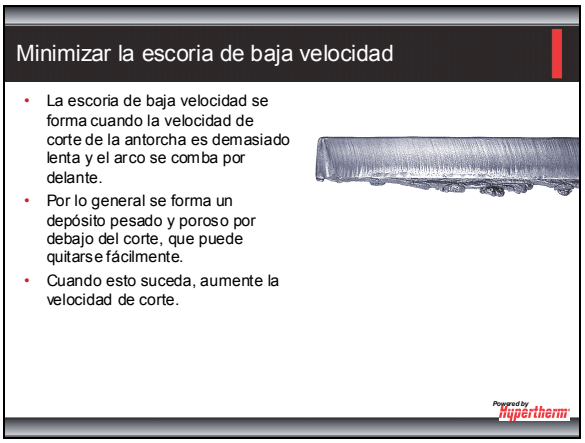
Diapositiva 4: Velocidad de avance adecuada

- Si el corte se hace a la velocidad adecuada, las chispas saldrán por debajo del corte y se rezagarán ligeramente de la antorcha en un ángulo de 15° a 30° respecto a la vertical; esto no es fácil de ver – posiblemente quiera reatroalimentación de algún observador.
- Cuando las chispas saltan, la antorcha avanza demasiado rápido; esto a veces se llama “cola de gallo”.
- Cuando las chispas por debajo del corte son casi verticales, el avance de la antorcha es demasiado lento.



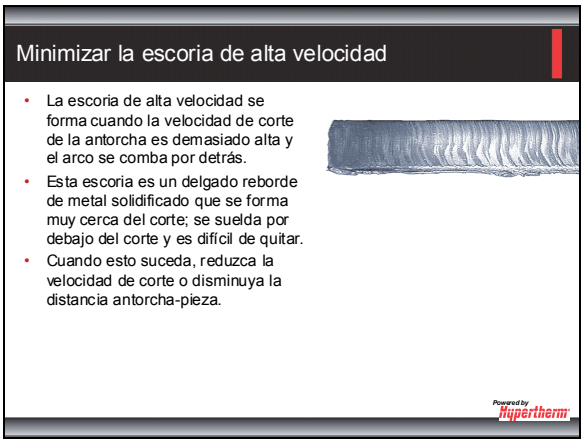
Diapositiva 5: Velocidad de avance adecuada (continuación)

- Las líneas de retraso de la cara de corte demuestran si la velocidad fue la adecuada; tienen la forma de una "S".
- Cómo medir el ángulo de una línea de retraso:
  - elija un punto más o menos en el centro del corte. Dibuje una recta vertical. Esta será su línea de referencia
  - busque la línea de retraso que empiece en el tope de su línea vertical. Trace una línea recta del principio al final de la línea de retraso
  - use un semicírculo graduado para medir el ángulo. La línea de retraso deberá tener una inclinación de cerca de 15° a 30° con respecto a la vertical.



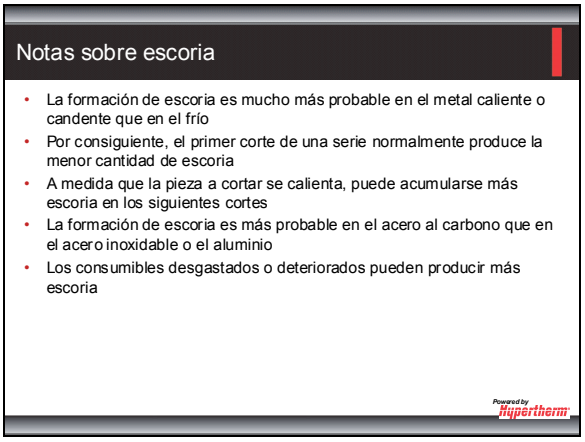
Diapositiva 6: Minimizar la escoria de baja velocidad

- La escoria de baja velocidad se forma cuando la velocidad de corte de la antorcha es demasiado baja y el arco se comba por delante.
- Por lo general se forma un depósito pesado y poroso por debajo del corte, que puede quitarse fácilmente.
- Cuando esto suceda, aumente la velocidad de corte



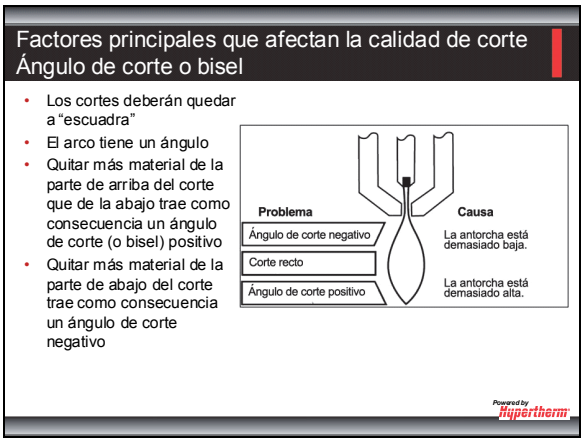
Diapositiva 7: Minimizar la escoria de alta velocidad

- La escoria de alta velocidad se forma cuando la velocidad de corte de la antorcha es demasiado alta y el arco se comba por detrás.
- Esta escoria es un delgado reborde de metal solidificado que se forma muy cerca del corte; se suelda por debajo del corte y es difícil de quitar.
- Cuando esto suceda, reduzca la velocidad de corte o disminuya la distancia antorcha-pieza.



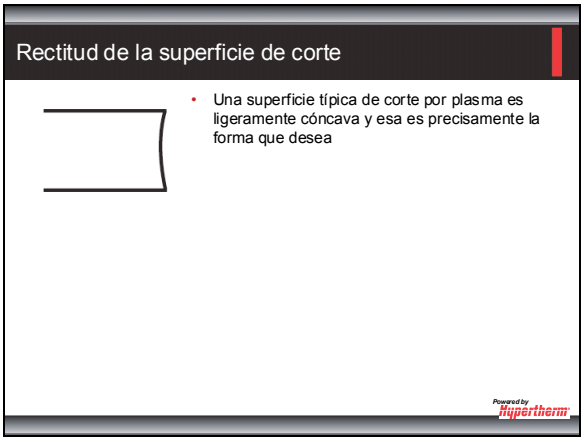
Diapositiva 8: Notas sobre escoria

- La formación de escoria es mucho más probable en el metal caliente o candente que en el frío. Por consiguiente, el primer corte de una serie normalmente produce la menor cantidad de escoria. A medida que la pieza a cortar se calienta, puede acumularse más escoria en los siguientes cortes.
- La formación de escoria es más probable en el acero al carbono que en el acero inoxidable o el aluminio.
- Los consumibles desgastados o deteriorados pueden producir más escoria.



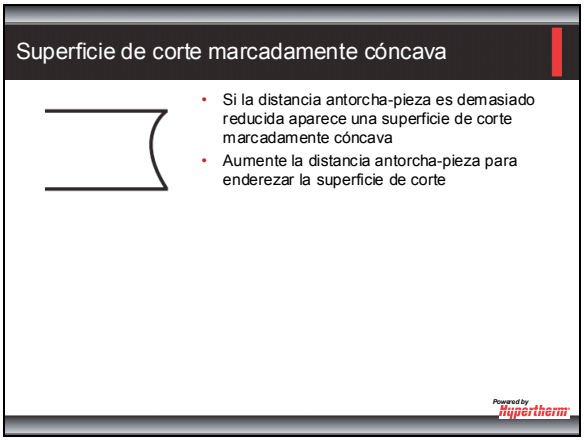
Diapositiva 9: Ángulo de corte o bisel

- Usted desea que los cortes que haga estén a "escuadra", lo que significa que las caras de corte no tengan ningún bisel.
- Hemos mencionado varias veces que "la protección de arrastre le permite arrastrar la antorcha a lo largo de la superficie de la pieza a cortar y mantener el arco a la debida distancia" – este es otro ejemplo de cómo funciona: asegura que la forma del arco que hace el corte esté lo más a escuadra posible.
- Como se muestra en la diapositiva, el arco de por sí tiene un ángulo.
- Quitar más material de la parte de arriba del corte que de la abajo trae como consecuencia un ángulo de corte (o bisel) positivo.
- Quitar más material de la parte de abajo del corte trae como consecuencia un ángulo de corte negativo.
- Fíjese que los cortes de mejor calidad están siempre a la derecha en relación con el avance de la antorcha – esto se debe a que el arco gira en sentido horario (visto desde arriba), de modo que está realmente mucho más caliente y denso al salir de la cara derecha de corte.



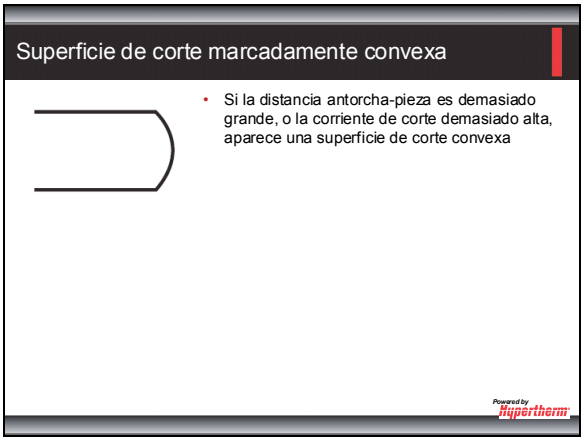
Diapositiva 10: Rectitud de la superficie de corte

- Una superficie típica de corte por plasma es ligeramente cóncava y esa es precisamente la forma que desea.



Diapositiva 11: Superficie de corte marcadamente cóncava

- Si la distancia antorcha-pieza es demasiado reducida aparece una superficie de corte marcadamente cóncava.
- Aumente la distancia antorcha-pieza para enderezar la superficie de corte.



Diapositiva 12: Superficie de corte marcadamente convexa

- Si la distancia antorcha-pieza es demasiado grande, o la corriente de corte demasiado alta, aparece una superficie de corte convexa.

Actividad evaluar la calidad de corte

Objetivo: *familiarizar a los alumnos con los instrumentos de medición empleados para determinar la relativa calidad de corte, así como los métodos de optimización. Los alumnos se sentirán más a gusto con la autoevaluación y se familiarizarán con la manera de recomendar ajustes.*

Tiempo: *15 - 20 minutos*

Materiales:

1. ficha de trabajo evaluación de corte – con las definiciones de la terminología de evaluación de corte.
2. Cortes de los alumnos de la Sesión 5.

Orientaciones:

- Acopiar los cortes que hicieron los alumnos en la Sesión 5 y analizarlos en grupo.
- Escoger tres o cuatro cortes que sirvan de ejemplo de defectos como escoria de alta o baja velocidad, ángulos de corte buenos y malos y/o superficies de corte cóncavas o convexas.
- Entregar a cada alumno una ficha de trabajo para evaluación y pedirles evaluar cada corte conforme a lo aprendido en esta clase.
- Cuando hayan terminado, discutir cada corte como grupo a fin de hacer comentarios y apoyar las opiniones de los alumnos.

Nombre: _____

Fecha: _____

Corte: _____

Evaluar la calidad de corte

1. Escoria — el material fundido que se solidifica encima o por debajo de la pieza a cortar.

Escoria de baja velocidad **Sin escoria** **Escoria de alta velocidad**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar la acumulación de escoria en la pieza a cortar?

2. Ángulo de corte — el grado de angulosidad de la cara de corte.

Ángulo de corte negativo **Corte recto** **Ángulo de corte positivo**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar el ángulo de corte?

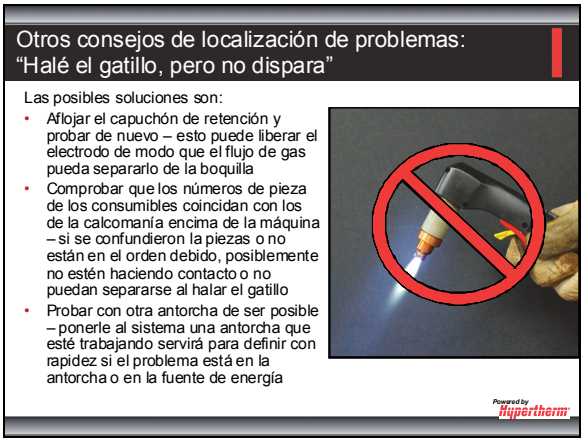
3. **Rectitud de la superficie de corte — la superficie de corte puede ser cóncava o convexa.**

Cóncava **Recta** **Convexa**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar la rectitud de la superficie de corte?

Otros consejos de localización de problemas:

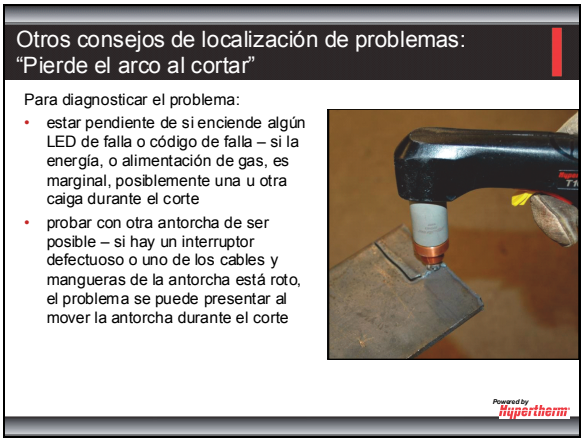


Diapositiva 13: Halé el gatillo, pero no dispara.

Una antorcha de plasma está concebida para iniciar un arco al pasar la corriente entre el electrodo y la boquilla, los que se tocan al estar libre la antorcha. Al halar el gatillo mientras está pasando la corriente, el flujo de gas separa las dos piezas y forma el plasma inicial. El arco de corte no se formará sin esta separación o arco inicial.

Las posibles soluciones son:

- Aflojar el capuchón de retención y probar de nuevo – esto puede liberar el electrodo de modo que el flujo de gas pueda separarlo de la boquilla.
- Comprobar que los números de pieza de los consumibles coincidan con los de la calcomanía encima de la máquina – si se confundieron las piezas o no están en el orden debido, posiblemente no estén haciendo contacto o no puedan separarse al halar el gatillo.
- Probar con otra antorcha de ser posible – ponerle al sistema una antorcha que esté trabajando servirá para definir con rapidez si el problema está en la antorcha o en la fuente de energía.

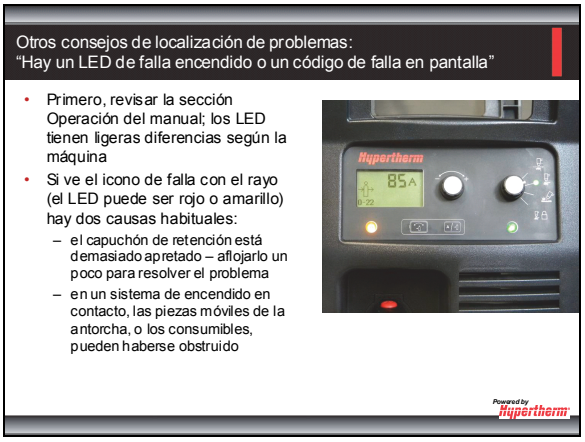


Diapositiva 14: El arco se pierde al cortar

Si esto sucede solo en ocasiones, posiblemente se deba al uso de energía marginal o a contaminación en la alimentación de aire. Si ocurre siempre, o el problema no se resuelve al sustituir la antorcha por otra que esté trabajando, es necesario solicitar al fabricante su reparación.

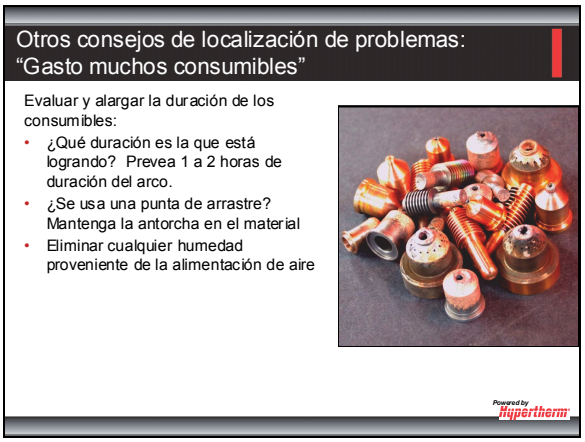
Para diagnosticar el problema:

- estar pendiente por si enciende algún LED de falla o código de falla – si la energía, o alimentación de gas, es marginal, posiblemente una u otra caiga durante el corte,
- probar con otra antorcha de ser posible – si hay un interruptor defectuoso o uno de los cables y mangueras de la antorcha está roto, el problema se puede presentar al mover la antorcha durante el corte.



Diapositiva 15: Hay un LED de falla encendido o un código de falla en pantalla

- Primero, revisar la sección Operación del manual; los LED tienen ligeras diferencias según la máquina. El manual deberá ayudar a resolver el problema.
- Si ve el icono de falla con el rayo (el LED puede ser rojo o amarillo) hay dos causas habituales:
    - el capuchón de retención está demasiado apretado – aflojarlo un poco para resolver el problema
    - el émbolo está sucio y no devuelve el electrodo a la posición libre (también puede ocasionar picadura del émbolo).

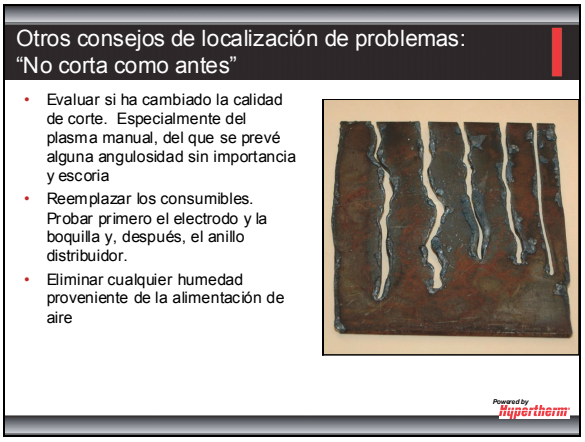


Diapositiva 16: Gasta muchos consumibles

La duración de los consumibles depende de muchas variables, entre ellas, amperaje (más amperaje = menor duración), espesor de material (mayor espesor = menor duración), velocidad de avance (cortes rápidos = menor duración) y perforación (el arranque desde el borde ayuda a mantener los consumibles).

Estos son algunos consejos para valorar y alargar la duración de los consumibles:

- ¿Qué duración es la que está logrando? En el corte manual prevea 1 a 2 horas de duración del arco.
- ¿Se usa una punta de arrastre? Mantener la antorcha en el material.
- Eliminar cualquier humedad proveniente de la alimentación de aire.



Diapositiva 17: No corta como antes

La calidad de corte depende en gran medida de la técnica del usuario. Por lo tanto, el primer paso es evaluar el cambio en la calidad de corte (de haberlo).

Estos son algunos consejos para valorar y mejorar la calidad de corte:

- Evaluar si ha cambiado la calidad de corte. Especialmente del plasma manual, del que se prevé alguna angulosidad sin importancia y escoria.
- Reemplazar los consumibles. Probar primero el electrodo y la boquilla y, después, el anillo distribuidor.
- Eliminar cualquier humedad proveniente de la alimentación de aire.
- Los cambios de composición de la pieza a cortar pueden afectar la calidad de corte.

Nombre:_____

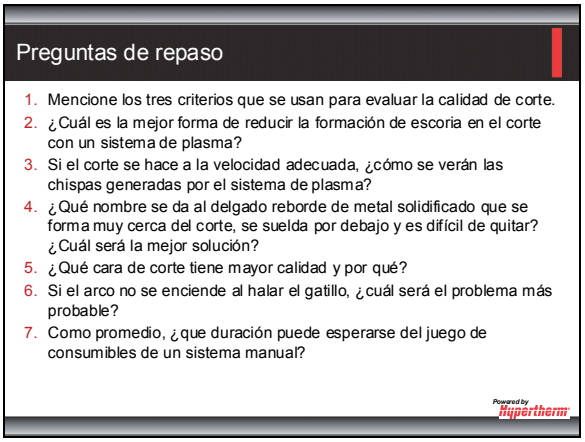
Fecha: _____

Actividad localización de problemas

Establezca la concordancia entre el problema y la causa probable escribiendo la letra correspondiente en el espacio en blanco a la izquierda.

Problema	**Causa probable**
____ Superficie de corte convexa	A. Velocidad de corte demasiado alta
____ El arco no se enciende al halar el gatillo	B. Muy poca distancia antorcha-pieza
____ Formación de escoria en delgado reborde que se suelda por debajo del corte	C. Velocidad de corte demasiado baja
____ Ángulo de corte positivo	D. Energía o alimentación de gas marginales
____ Ángulo de corte negativo	E. Consumibles equivocados
____ Depósito pesado y poroso de escoria por debajo del corte	F. Distancia antorcha-pieza demasiado grande
____ La antorcha pierde el arco en el corte	G. Si usa una punta de arrastre, mantener la antorcha en la placa a cortar
____ Poca duración de los consumibles	I. Distancia antorcha-pieza demasiado grande o corriente de corte demasiado alta

Conclusiones



Diapositiva 18: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #6: Evaluar la calidad de corte

1. Mencione los tres criterios que se usan para evaluar la calidad de corte.

   _____ _____ _____

2. ¿Cuál es la mejor forma de reducir la formación de escoria en el corte con un sistema de plasma?

   _____

3. Si el corte se hace a la velocidad adecuada, ¿cómo se verán las chispas generadas por el sistema de plasma?

   _____

4. ¿Qué nombre se da al delgado reborde de metal solidificado que se forma muy cerca del corte, se suelda por debajo y es difícil de quitar? ¿Qué ajuste se puede hacer para reducir su formación?

   _____

5. ¿Qué cara de corte tiene mayor calidad y por qué?

   _____

   _____

6. Si el arco no se enciende al halar el gatillo, ¿cuál será el problema más probable?

   _____

7. Como promedio, ¿qué duración puede esperarse del juego de consumibles de un sistema manual?

   _____

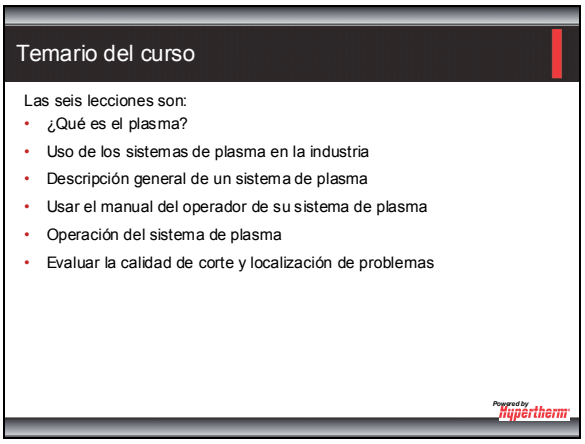
Glosario

Corte en bisel	Técnica de corte que usa una antorcha inclinada para que el borde de las piezas a cortar quede en ángulo.
Caída de corte	Un corte en el que una sección de la pieza a cortar se desprende de la principal.
Escoria	Metal fundido y óxidos solidificados que se adhieren encima o abajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.
Electrodo	La pieza de un juego de consumibles que emite electrones en flujo estacionario para formar el arco de plasma.
Corte a pulso	Cortes hechos sin ayuda de un borde recto o plantilla.
Ranurado	El proceso de remover metal de la superficie de la placa sin penetrarla del todo; se usa en la remoción de soldaduras viejas o en la preparación de una superficie para soldeo.
Corte con guía	Cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.
Hafnio	Metal normalmente empleado como emisor de electrones para los gases plasma oxígeno o aire.
Perforación de orificio	Un método de iniciar un corte en el que el arco penetra profundo en la pieza a cortar antes de comenzar el corte.
Sangría	Vacío que deja la remoción longitudinal de material en cualquier tipo de proceso de corte; por ejemplo, el ancho de la hoja de sierra al cortar madera.
Boquilla	Pieza consumible de la antorcha con un orificio por el que pasa el arco.
Corte con plantilla	Cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.
Antorcha	Parte del sistema de plasma que se usa para ejecutar el corte en sí.

Sesión 1: ¿Qué es el plasma?

Introducción

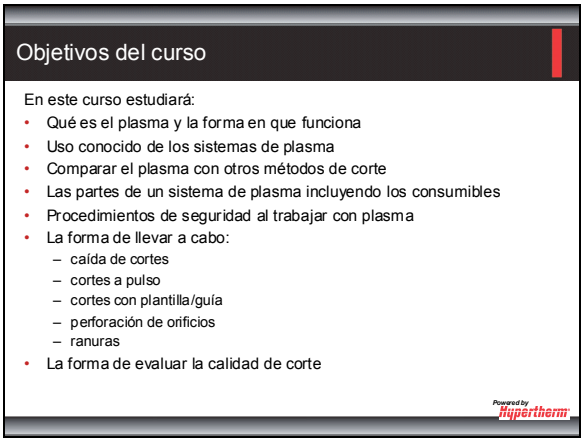
Diapositiva 0: título de la clase



Diapositiva 1: Temario del curso

El curso consta de seis clases y cada una tiene actividades en el aula:

1. ¿Qué es el plasma?
2. Uso de los sistemas de plasma en la industria
3. Descripción general de un sistema de plasma
4. Usar el manual del operador de su sistema de plasma
5. Operación del sistema de plasma
6. Evaluar la calidad de corte y localización de problemas

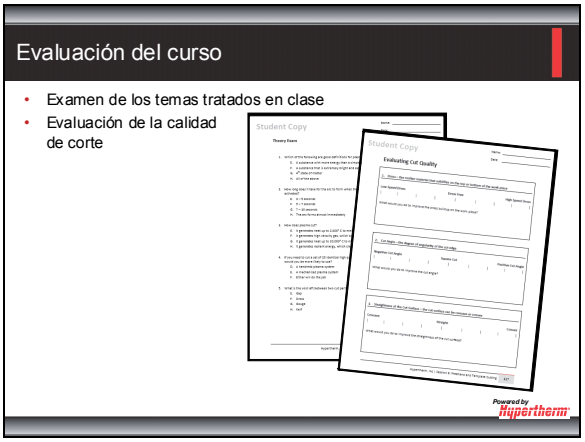


Diapositiva 2: Objetivos del curso

Al terminar este curso, usted será capaz de:

- demostrar haber entendido lo que es el plasma y la forma en que funciona,
- identificar los usos industriales de los sistemas de plasma,
- comparar el plasma con otros métodos de corte, entre ellos oxicorte y láser,
- identificar las partes de que consta un sistema de plasma, incluyendo los consumibles,
- demostrar haber entendido las medidas de seguridad del plasma,
- demostrar que es capaz de hacer:
  - **caída de cortes**
  - **cortes a pulso**
  - **cortes con plantilla/guía**
  - **perforaciones de orificios**
  - **ranuras**
- demostrar que puede evaluar la calidad de los cortes.

Corte en bisel:	técnica de corte que usa una antorcha inclinada para que el borde de las piezas a cortar quede en ángulo.
Caída de corte:	un corte en el que una sección de la pieza a cortar se desprende de la principal.
Corte a pulso:	cortes hechos sin ayuda de un borde recto o plantilla.
Ranurado:	el proceso de remover metal de la superficie de la placa sin penetrarla del todo; se usa en la remoción de soldaduras viejas o en la preparación de una superficie para soldeo.
Perforación de orificio:	un método de iniciar un corte en el que el arco penetra profundo en la pieza a cortar antes de comenzar el corte.
Corte con plantilla/guía:	cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.

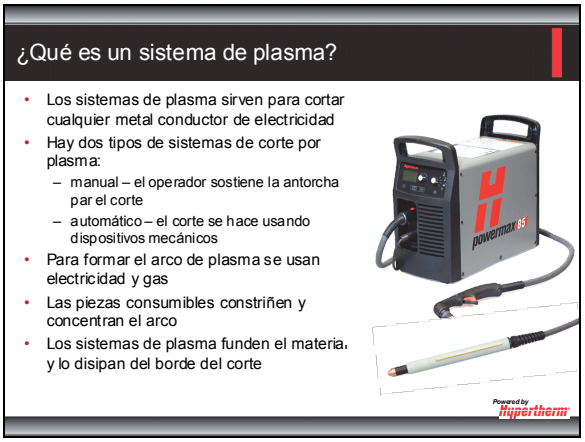


Diapositiva 3: Evaluación del curso

Se le evaluará atendiendo a dos criterios:

- un examen de 30 preguntas basado en los temas tratados en las seis clases,
- auto evaluación y evaluación del instructor de los cortes hechos con el sistema de plasma.

¿Qué es un sistema de plasma?



Diapositiva 4: ¿Qué es un sistema de plasma?

- Los sistemas de plasma son máquinas diseñadas para cortar diferentes espesores de metales conductores.
- Van de unidades manuales portátiles a unidades automáticas montadas en mesas.
- Un sistema de plasma usa electricidad para crear un arco y gas a elevadísima temperatura (20 000 °C), al que también se conoce como plasma.
- Las piezas consumibles situadas en la **antorcha** constriñen y dirigen el arco, lo que maximiza su eficiencia para el corte del metal.
- Los sistemas de plasma usan el arco y el flujo de gas que da forma al arco para fundir el material y disiparlo a su vez del borde de corte.

Diapositiva 5: ¿Para qué se usan los sistemas de plasma?

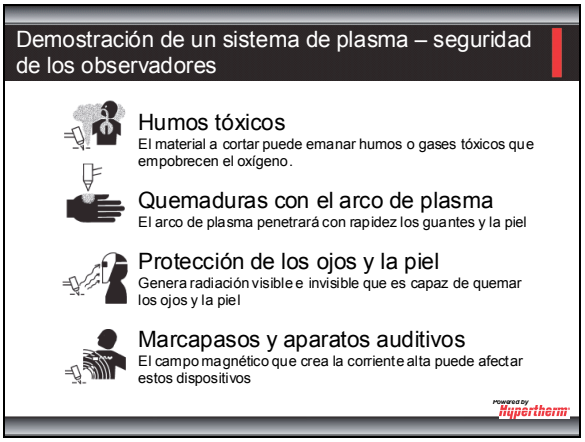
- Los sistemas de plasma pueden cortar ***cualquier*** metal conductor; los materiales habituales son acero al carbono, aluminio, acero inoxidable y cobre.
- Los sistemas de corte por plasma son, por lo general, el método más rápido para cortar materiales entre 6 mm (¼ pulg.) a (62 mm) 2 ½ pulg. de espesor.
- Los sistemas corrientes de corte por plasma pueden cortar placas con un espesor de hasta 50 mm (2 pulg.). No obstante, hay máquinas industriales especializadas que cortan materiales aún más gruesos.
- Los sistemas de corte por plasma también se utilizan para perforación, ranurado y conformado (por ejemplo, cortes en bisel).

Antorcha	Parte del sistema de plasma que se usa para ejecutar el corte en sí.

Diapositiva 6: Tipos de sistemas de plasma

- Manual – -unidades fácilmente transportables, por lo general con una antorcha manual y capacidad de corte de placas de hasta 5 cm (2 pulg.) de espesor. Las antorchas rectas especiales permiten usar estos sistemas en mesas de corte CNC en determinadas aplicaciones.
- Mecanizado – habitualmente instalado en un entorno fabril para uso en ciclo de trabajo intenso. Por lo regular optimizados para el corte de máxima calidad o velocidad; algunos sistemas son capaces de cortar materiales extremadamente- gruesos.

Demostración de un sistema de plasma



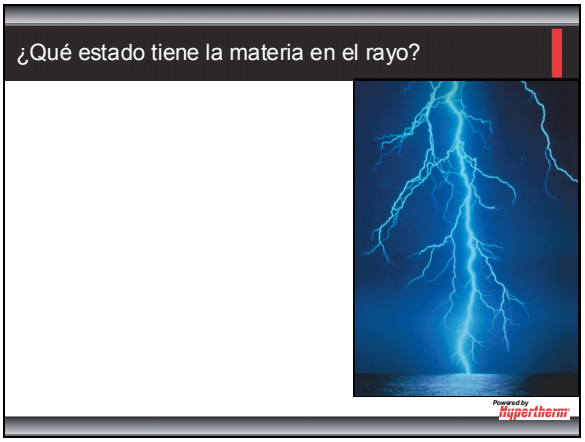
Diapositiva 7: Seguridad de los observadores

- **Humos tóxicos** - el material a cortar puede emanar humos o gases tóxicos que empobrecen el oxígeno. Los metales que pueden emanar humos tóxicos son, entre otros, el acero inoxidable, el acero al carbono, el zinc (galvanizado) y el cobre. Asimismo, el metal puede haberse revestido con sustancias capaces de liberar humos tóxicos, las que incluyen pero no necesariamente se limitan, al plomo, el cadmio y el berilio.
- **Quemaduras con el arco de plasma** – el arco de plasma prende inmediatamente al activarse el interruptor de la antorcha y penetrará con rapidez los guantes y la piel. Apartarse de la punta de la antorcha y la ruta de corte y no apuntar nunca la antorcha hacia usted ni hacia los demás.
- **Protección de los ojos y la piel** – el arco de plasma genera radiación visible e invisible (ultravioleta e infrarroja) capaz de quemar los ojos y la piel. Usar medios de protección con los debidos lentes de oscurecimiento para proteger los ojos, así como ropa de protección, incluyendo guantes de trabajo, calzado de seguridad, casco, ropa ignífuga y pantalones con bajos sin pliegues para evitar al entrada de chispas y escoria. Antes del corte, remover de los bolsillos todo objeto combustible.
- **Marcapasos y aparatos auditivos** – el campo magnético que crea la corriente alta puede afectar la operación de los marcapasos y aparatos auditivos. Las personas que usen estos dispositivos deberán consultar a un médico para estar en las cercanías de las operaciones de corte y ranurado por arco de plasma.

¿Qué es el plasma?

Diapositiva 8: El plasma es un estado de la materia

- Los ingenieros usan el término “estado” para describir el estado agregado de una sustancia. Los ejemplos conocidos de “estados” son sólido, líquido y gaseoso. Bajo determinadas condiciones de presión y temperatura, todo elemento o compuesto químico es capaz de existir en uno de estos tres estados normales.
- Cuando una sustancia cambia de estado, su estructura química no cambia, solo su estado agregado (cambio físico).
- Los cambios de estado se deben a la energía que libera o absorbe una sustancia. El hecho de aportar energía calórica a una sustancia puede aumentar su temperatura y finalmente cambiar su estado.
- Al aportarse energía calórica al hielo, la temperatura aumenta y cambia del estado sólido (hielo) al líquido (agua). Si se aporta aún más energía calórica, el líquido finalmente se convertirá en gas (vapor).
- En la mayoría de las sustancias, los estados de menor energía (sólidos) tienden a ser más densos y rígidos que los estados de mayor energía (gases).



Diapositiva 9: ¿Qué estado tiene la materia en el rayo?

Diapositiva 10: El plasma es el cuarto estado de la materia

- Las características comunes de los rayos y otros plasmas son su brillo (emisión de energía lumínica) y su calor (emisión de energía térmica).
- El plasma tiene más energía de la que es capaz de contener un gas – las moléculas de plasma se desintegran; su nivel de excitación va más allá del que alcanzan en un gas.
- Por eso es que al plasma se le llama el "cuarto estado de la materia".

Nombre: _____

Fecha: _____

Ficha de trabajo plasma

Encierre en un círculo las sustancias reales que son plasma.

Estrellas	Elemento en una hornilla eléctrica
Televisores de plasma	Aerosoles
LED	Rayos
Vapor	Tubos fluorescentes
Humo	Luces neón
Auroras	Bombillas eléctricas normales

¿Cómo se forma el plasma en un sistema de plasma?

Diapositiva 11: ¿Cómo se forma el plasma en un sistema de plasma?

Las antorchas de plasma manual reciben el gas y el flujo de corriente de la fuente de energía. También llevan piezas consumibles como las que se muestran aquí, las que ayudan a conformar y mantener el arco de plasma. Cuando no están trabajando, el **electrodo** y la **boquilla** hacen contacto. El gas hace "retroceder" el electrodo, dejando una abertura al paso de la corriente. Los electrones provenientes del electrodo chocan con las moléculas neutras del gas. Cada colisión libera más electrones y las moléculas de gas se cargan positivamente (se ionizan). Se produce una avalancha de colisiones emitiendo energía térmica (o calor) y energía lumínica (brillo) – esto es plasma. El gas secundario de la antorcha sitúa exactamente el arco en el centro del electrodo y lo empuja fuera de la boquilla, donde se puede usar para cortar o ranurar metal.

Un sistema de corte por arco de plasma consiste de una fuente de energía y una antorcha. La fuente de energía es muy similar a una batería: puede suministrar corriente continua (CC). Los que "transportan" esta corriente eléctrica se denominan electrones y llevan una carga negativa. Los electrones saldrán del terminal negativo, se moverán por todo el circuito y regresarán al terminal positivo formando un circuito.

Hay dos "piezas consumibles" conectadas al circuito y a ellas se les llama electrodo y boquilla. "Consumibles" significa que las piezas se deterioran lentamente por su contacto con el arco de plasma y el calor generado y, finalmente, se desgastan y hay que reemplazarlas. Las demás piezas consumibles de una antorcha son el anillo distribuidor, el capuchón de retención y el escudo frontal. Las piezas consumibles controlan la dimensión y forma del arco de plasma y pueden optimizarse para determinadas aplicaciones o para enfatizar un atributo en particular, por ejemplo, la velocidad o calidad de corte. Algunos grupos de consumibles están hechos para el corte de metal delgado como el que se usan en creaciones artísticas. Estos consumibles se usan con una separación mínima y cortan una **sangría** muy estrecha. Hay otros consumibles hechos para cortes rápidos en materiales más gruesos o para ranurado; ellos crean un arco mayor y más ancho.

En un sistema de corte por arco de plasma la antorcha se conecta al terminal negativo del circuito del electrodo y la boquilla, al positivo. Si el electrodo y la boquilla son conductores y se tocan entre sí, la corriente circula por ellos sin impedimento; tenemos que hacer una abertura en este circuito para formar un arco eléctrico. La fuente de energía de un sistema de corte por arco de plasma suministra el gas de proceso a la antorcha (por lo regular, aire comprimido en sistemas manuales). Una forma de crear un arco eléctrico es usar la presión del gas de proceso para separar el electrodo de la boquilla. Encender una antorcha de corte por arco de plasma separando un electrodo y boquilla en corte para formar un arco se denomina "encendido en contacto" porque el electrodo y la boquilla arrancan estando en contacto.

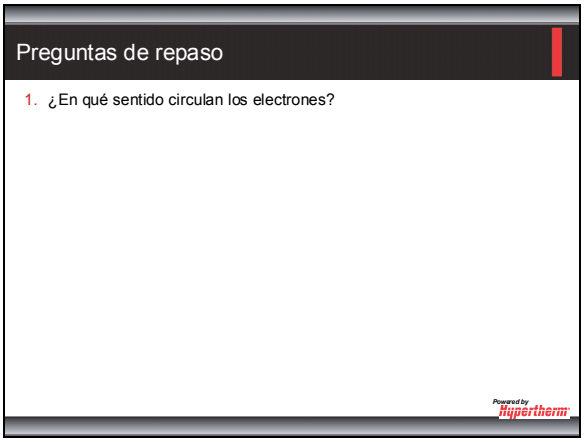
Si el electrodo y la boquilla se separan al estar ya conduciendo corriente, el electrodo emite un flujo de electrones por su punta de **hafnio**. A medida que los electrones se aceleran al pasar por la abertura, chocan con las moléculas neutras de gas con energía suficiente como para arrancarles más electrones libres. El campo eléctrico creado por la boquilla atrae y acelera de nuevo los electrones libres, mientras que el electrodo acelera y atrae los iones positivos haciendo posible más colisiones. Estas colisiones crean más y más iones positivos e iones negativos libres.

Se produce una avalancha de colisiones emitiendo energía térmica (o calor) y energía lumínica (brillo) – esto es plasma – que da lugar a la formación de una chispa. Esta chispa es similar a la que se produce al halar el enchufe de la pared de una tostadora que esté funcionando. La diferencia estriba en que esta última es momentánea mientras que a la primera la alimenta la fuente de energía del arco de plasma, la que está concebida para alargar la chispa y convertirla en un arco. Al arco que se forma entre el electrodo y la boquilla se le llama "arco piloto". El gas proveniente de la fuente de energía se usa para obligar al arco piloto a salir por el orificio de la boquilla.

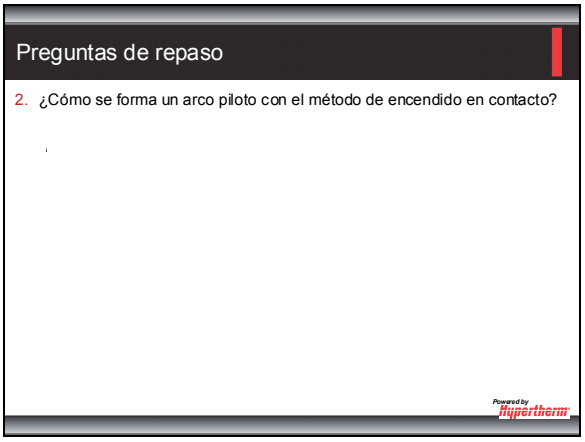
Tan pronto se establece el arco piloto, es necesario incorporar la pieza a cortar al circuito. El paso más importante es convertir el arco piloto (entre el electrodo y la boquilla) en un "arco transferido" (entre el electrodo y la pieza a cortar). A medida que la antorcha se acerca a la pieza a cortar y el arco piloto se pone en contacto con la placa, la boquilla y la pieza a cortar empiezan a usar en común la corriente de plasma. La fuente de energía obliga a la corriente a atravesar la pieza a cortar. La fuente de energía aumenta la corriente al nivel de corte y empieza el corte del metal.

Electrodo:	la pieza de un juego de consumibles que emite electrones en flujo estacionario para formar el arco de plasma.
Sangría:	vacío que deja la remoción longitudinal de material en cualquier tipo de proceso de corte; por ejemplo, el ancho de la hoja de sierra al cortar madera.
Boquilla:	pieza consumible de la antorcha con un orificio por el que pasa el arco.
Hafnio:	metal normalmente empleado como emisor de electrones para los gases plasma oxígeno o aire.

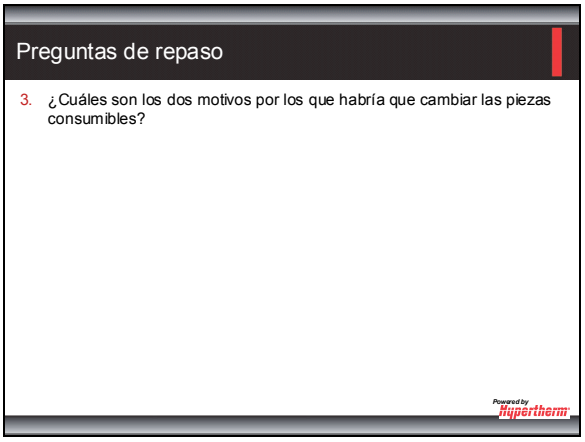
Diapositivas 12 - 16: Repaso y discusión



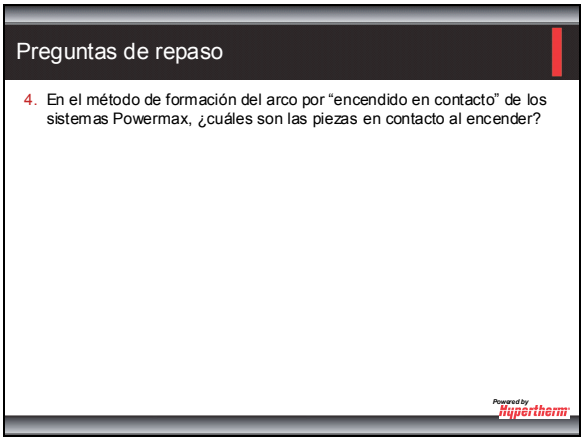
Diapositiva 12: ¿En qué sentido circulan los electrones?



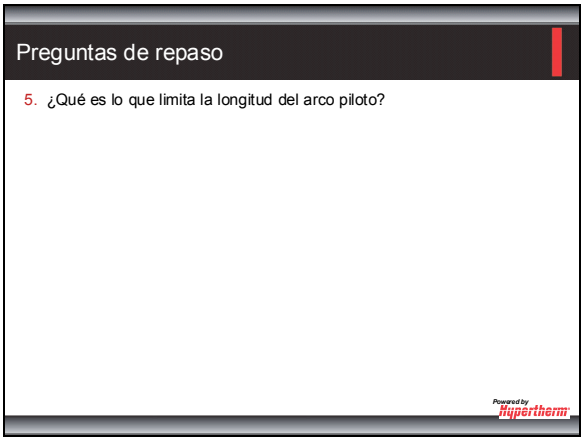
Diapositiva 13: ¿Cómo se forma un arco piloto con el método de encendido en contacto?



Diapositiva 14: ¿Cuáles son los dos motivos por los que habría que cambiar las piezas consumibles?

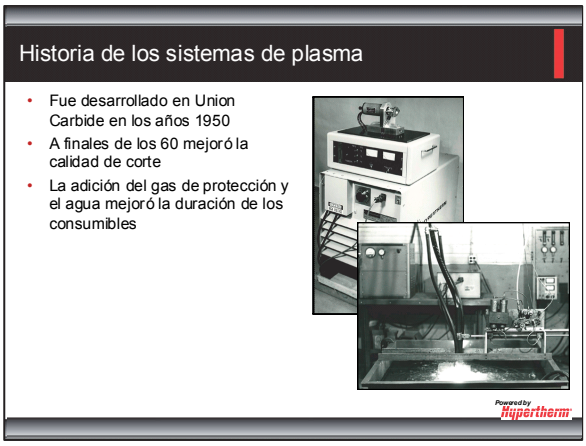


Diapositiva 15: En el método de formación del arco por "encendido en contacto" de los sistemas Powermax, ¿cuáles son las piezas en contacto al encender?



Diapositiva 16: ¿Qué es lo que limita la longitud del arco piloto?

Historia de los sistemas de plasma



Diapositiva 17: Historia de los sistemas de plasma

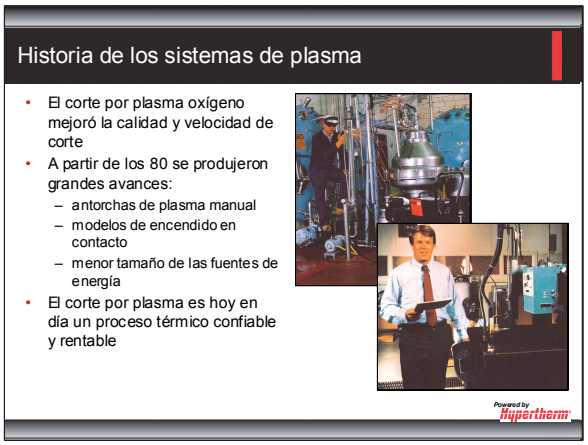
El corte por plasma lo desarrolló un ingeniero de Union Carbide llamado Bob Gage, a mediados de los años 1950. Union Carbide había desarrollado una antorcha de helio para soldadura TIG denominada Heliarc con vista al soldeo del acero inoxidable y aleaciones especiales. Gage constriñó el arco de soldeo con la ayuda una boquilla y aumentó el flujo de gas. De este modo, impartió al gas una cantidad de movimiento y calor suficientes para que el arco pudiera penetrar el material. En 1957, Gage recibió la patente del corte por arco de plasma. Al principio, el plasma se usó para cortar acero inoxidable, lo que no podía hacerse con oxicorte. El acero inoxidable es una parte muy reducida de la producción total de acero en el mundo; la gran mayoría la ocupan el acero al carbono y los aceros aleados. La calidad de corte y la confiabilidad de los primeros sistemas de plasma eran malos y, a finales de los años 50 y principios de los 60, satisfacían una demanda muy específica de un mercado relativamente reducido. La mayoría de los clientes comprarían solo un sistema de corte por plasma por pura necesidad.

A finales de los 60 ya había varias compañías que se dedicaban a la investigación del corte por plasma. El acero inoxidable no era la única posibilidad para el corte por plasma; el mismo ofrecía también una considerable ventaja de velocidad de corte en el acero al carbono respecto al oxicorte. La calidad de corte de este último no era buena, pero de convertirse en una opción viable para el corte de acero al carbono, el mercado del plasma crecería con rapidez. Los investigadores necesitaban dar respuesta a lo siguiente: ¿por qué plasma en lugar de oxicorte para el acero al carbono? La solución fue centrar las investigaciones en mejorar la calidad de corte.

Lo uno condujo a lo otro. La adición de un gas de protección mejoró la duración de las piezas consumibles. Cambiar el gas de protección por agua mejoró aún más la duración de los consumibles. El uso del agua preparó el terreno al corte por plasma con inyección de agua – la turbulencia del agua de protección mejoró la velocidad, la calidad de corte y la duración de los consumibles. A pesar de existir aún considerables problemas con la formación de **escoria**, todo parecía indicar que el plasma sería asimismo una alternativa al oxicorte en el corte del acero al carbono.

La siguiente dificultad fue lograr *sostenidamente* una alta calidad de corte. Aun al empezar la década de los 70, los sistemas de plasma eran caros, no confiables y destinados al corte de acero inoxidable. Las piezas consumibles que duraran más de 100 arranques eran poco usuales. Los operadores nunca estaban seguros de lo que pasaría al apretar el botón de arranque. Las diferencias en la composición del metal afectaban enormemente la calidad de corte. Los fabricantes de sistemas de plasma necesitaban encontrar un método de corte que funcionara bien en todas las variantes de acero al carbono.

La solución fue el corte por plasma oxígeno, la que utiliza este último para reaccionar químicamente con el acero al carbono. Mejoró la calidad de corte y los operadores fueron capaces de hacer cortes con casi o ninguna escoria. Habían sin embargo pros y contras; el oxígeno daba un arco más caliente que agotaba muy rápido los consumibles.. A los clientes les agradaban las velocidades mayores y la mejor calidad de corte, pero no la pérdida de tiempo de producción debida al cambio constante de consumibles. Este problema fue resuelto en 1983 por la inyección de agua, la que enfriaba la boquilla alargando así la duración de los consumibles.



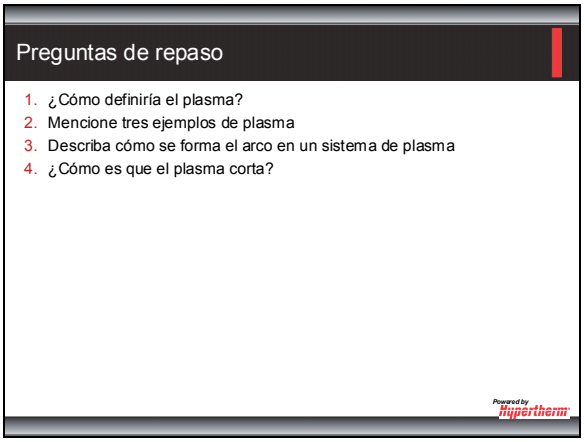
Diapositiva 18: Historia de los sistemas de plasma (continuación)

A partir de los 80 se produjeron grandes avances en la tecnología de corte por plasma. Las antorchas manuales que usan aire como gas plasma hicieron posible su uso en talleres sin acceso a gas embotellado. Poco después se rediseñó el mecanismo de arranque de los sistemas de plasma manual y desapareció la necesidad de alta frecuencia para el encendido. El nuevo diseño de encendido en contacto permitió reducir el tamaño de las piezas. Esta reducción de tamaño y cantidad de piezas en las fuentes de energía significó una enorme diferencia de peso. En 1985, una fuente de energía manual pesaba casi 400 libras y, hoy en día, hay sistemas manuales que pesan apenas 20 libras.

Hace 25 años muchos pensaban que ya no habría más avances importantes en el proceso de corte por plasma. En la actualidad, pasados más de 50 años de su desarrollo inicial, damos por sabido que los fabricantes de plasma están aun lejos de agotar sus posibilidades. Mientras que en el campo del oxicorte no han existido adelantos tecnológicos importantes en muchos años, el corte por plasma continúa desarrollándose. En los últimos 10 años se han visto rápidos avances en la calidad de corte, duración de los consumibles y versatilidad. El corte por plasma es hoy en día un proceso térmico confiable y rentable. Se espera que las investigaciones en curso mejoren aún más la capacidad del plasma.

Escoria:	metal fundido y óxidos solidificados que se adhieren encima o abajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.

Conclusiones



Diapositiva 19: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #1: ¿Qué es el plasma?

1. ¿Cómo definiría el plasma?

_____

_____

_____

_____

2. Mencione tres ejemplos de plasma.

_____

_____

_____

_____

3. Describa cómo se forma el arco en un sistema de plasma.

_____

_____

_____

_____

4. ¿Cómo es que el plasma corta?

_____

_____

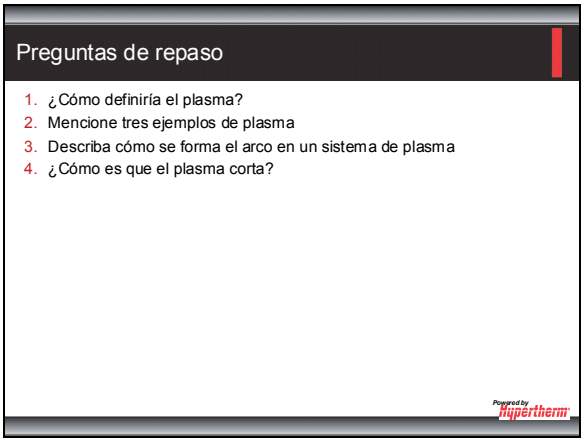
_____

_____

Sesión 2: Uso de los sistemas de plasma en la industria

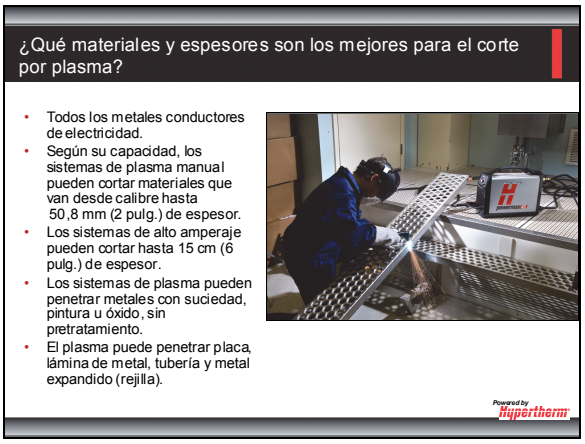
Introducción

Diapositiva 0: título de la clase



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Aplicaciones idóneas para el corte por plasma

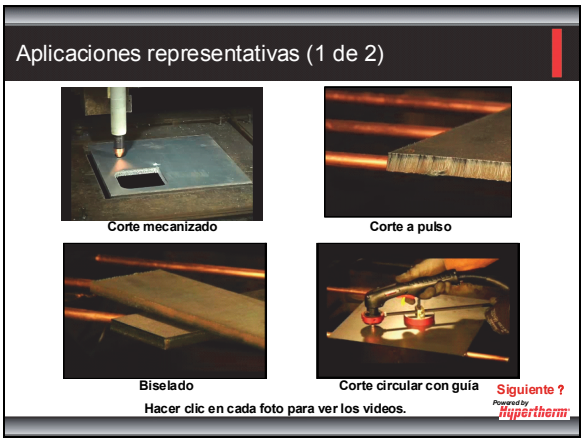


Diapositiva 2: ¿Qué materiales y espesores son los mejores para el corte por plasma?

- Todos los metales conductores de electricidad – con mayor frecuencia acero al carbono, acero inoxidable y aluminio.
- Según su capacidad, los sistemas de plasma manual pueden cortar materiales que van desde calibre hasta 50,8 mm (2 pulg.) de espesor.
- Los sistemas de plasma mecanizados de alto amperaje son capaces de cortar materiales de más de 15 cm (6 pulg.) de espesor.

El plasma puede penetrar metales con suciedad, pintura u óxido sin "pretratamiento" – preparación de la pieza a cortar (el material a cortar) antes de cualquier corte. Otros métodos de corte implican en muchos casos pretratamiento, pero con el plasma todo lo que se necesita es un buen contacto a tierra. Las formas de material que se cortan con plasma son:

- placa
- lámina de metal
- tubería
- metal expandido (rejilla)



Diapositivas 3 y 4: Aplicaciones representativas

- Corte – corte con penetración de una pieza a cortar conductora con una antorcha manual o mecanizada (automatizada):
    - Corte en paquetes – corte con penetración de varias láminas de metal arregladas una sobre otra.
    - Corte con plantilla – corte de una pieza a cortar usando una plantilla o molde como guía.
    - Biselado – una técnica de corte que hace un borde con ángulo de inclinación al material a cortar (como para unir tramos de tubería).
- Perforación – empezar un corte profundizando el arco en la pieza a cortar (lo contrapuesto a empezar el corte por el borde).
- Ranurado – remover metal de la superficie de la pieza a cortar sin partirla en dos (como preparación para soldar o remover una soldadura vieja).
- Marcado – un proceso de bajo amperaje usado normalmente para “escribir” números de piezas o letreros removiendo una capa delgada de la pieza a cortar.

Diapositiva 5: Industrias representativas en las que se usan sistemas de plasma *manual*

Algunos usos comunes de los sistemas de plasma manual son:

- Procesos de fabricación (calderas a presión, etcétera) y producción – maquinaria para procesar alimentos, equipos para obras de autopista, fabricación de señales de tráfico, fabricación de tanques y otras por el estilo.
- Mantenimiento de instalaciones y equipos – por ejemplo, vías férreas, aserraderos.
- Construcción de edificaciones de acero estructural – estructuras de paredes y techos, fabricación de cerchas para cubierta y piso, instalación de techos, revestimientos y material de cubierta.
- Construcción naval.
- Fabricación y reparación de contenedores.
- Energía – petróleo y gas, plataformas petroleras, transporte por tubería (oleoductos, gasoductos, etc.)
- Reparación y restauración de vehículos – reinstalación de carrocería y chasis, reparación de sistemas de escape, reparación de bastidor y remoción de sistemas de freno.
- Climatización/ contratistas mecánicos – fabricación y modificación de ductos, fabricación de soportes de suspensión.
- Reparación de equipos agrícolas – quitar paneles oxidados, cortes en bisel, ranurado de soldaduras viejas para reemplazo, fabricación de metal expandido.
- Fabricación de metal decorativo – corte, perforación y ranurado de formas libres, metalistería de aluminio, fabricación piezas ornamentales.

Diapositiva 6: Industrias representativas en las que se usan sistemas de plasma *mecanizado*

Algunos usos comunes de los sistemas de plasma mecanizado son:

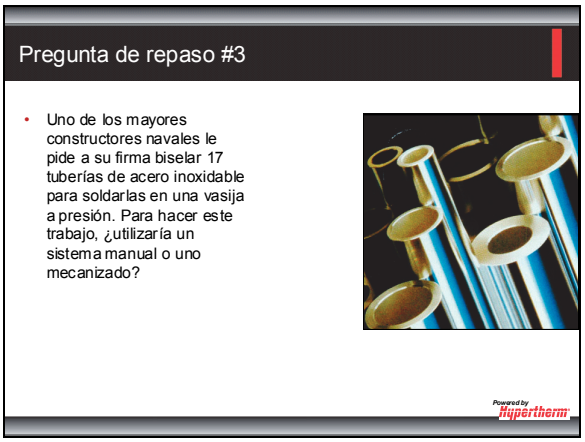
- centros de servicio del acero
- talleres de producción (talleres de fabricación)
- fabricantes industriales – equipos pesados agrícolas y de la construcción
- transporte – carrocerías para remolques, vagones de ferrocarril
- fabricantes de vehículos – paneles, piezas de chasis
- construcción naval – paneles gruesos, consolas
- minería
- energía (molinos de viento)
- defensa – nuclear, submarinos

Diapositiva 7: Pregunta de repaso #1

Un fabricante de equipos médicos de su región llamó para averiguar si puede producir un conjunto de 50 piezas cortadas según los requisitos de un molde en específico. Se necesita que las placas sean de acero al carbono de 25 mm (1 pulg.). ¿Cómo lo haría?

Diapositiva 8: Pregunta de repaso #2

Un cliente acude al taller y pregunta si lo puede ayudar a quitar el soporte de escape oxidado de un camión de cosecha que está restaurando. Él puede traer el camión al taller, pero teme se dañe dado su valor considerable. ¿Cómo lo haría?



Diapositiva 9: Pregunta de repaso #3

Uno de los mayores constructores navales le pide a su firma biselar 17 tuberías de acero inoxidable para soldarlas en una vasija a presión. ¿Cómo lo haría?

Comparación del corte mecanizado

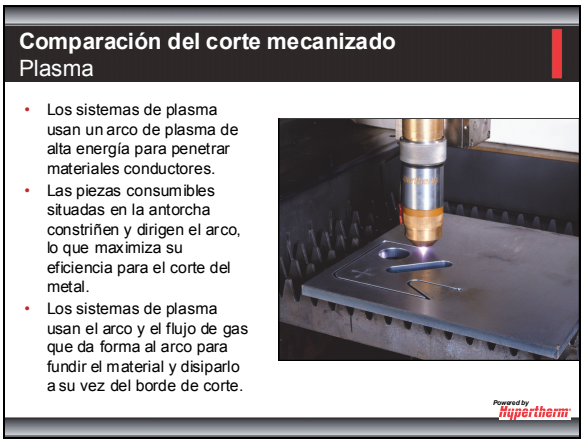
Diapositiva 10: Comparación del corte mecanizado

Existen tres tipos principales de sistemas de corte mecanizado:

- oxicorte
- plasma
- láser

Diapositiva 11: Oxicorte

- Los sistemas de oxicorte utilizan calor generado químicamente para aumentar la temperatura de la pieza a cortar.
- El oxígeno reacciona con el metal al rojo vivo y lo convierte en una escoria de óxido.
- Los operadores deben regular los gases en cada corte.

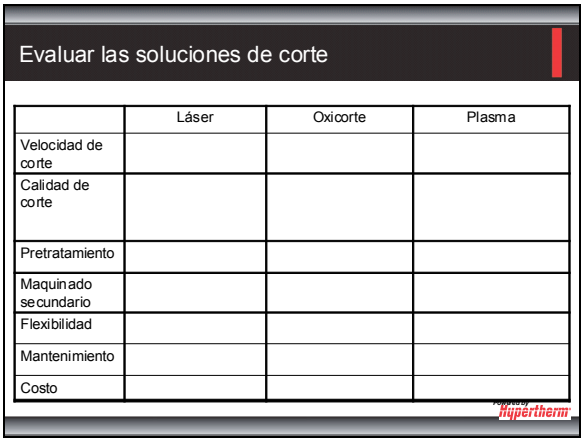


Diapositiva 12: Plasma

- Los sistemas de plasma usan un arco de plasma de alta energía para penetrar materiales conductores.
- Las piezas consumibles situadas en la antorcha constriñen y dirigen el arco, lo que maximiza su eficiencia para el corte del metal.
- Los sistemas de plasma usan el arco y el flujo de gas que da forma al arco para fundir el material y disiparlo a su vez del borde de corte.

Diapositiva 13: Láser

- Para el corte de metal se utilizan dos tipos de láser: CO_2 y fibra óptica.
- Los láseres transmiten energía en forma de fotones coherentes. Los láseres de alta intensidad transmiten energía suficiente como para cortar metales no reflectores. El láser de fibra óptica también se puede usar para cortar algunos metales reflectores.
- El material se funde, arde o se vaporiza y se arrastra con una corriente de gas a presión, dejando un borde de acabado superficial de gran calidad.
- La energía concentrada del láser puede dar anchos de sangría muy reducidos especialmente en materiales delgados.

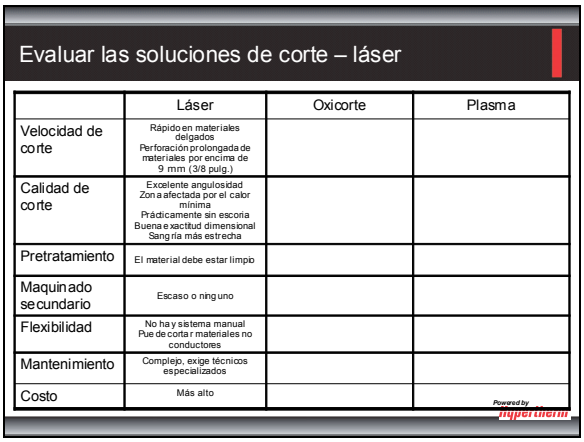


	Láser	Oxicorte	Plasma
Velocidad de corte			
Calidad de corte			
Pretratamiento			
Maquinado secundario			
Flexibilidad			
Mantenimiento			
Costo			

Diapositiva 14: Evaluar las soluciones de corte

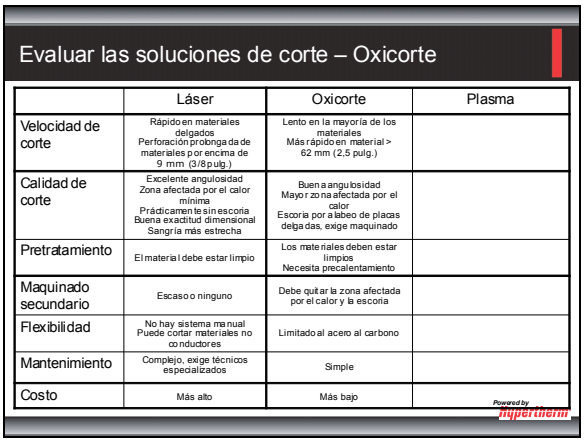
Al tratar de decidir la solución de corte a elegir, analice diferentes factores, entre ellos:

- velocidad de corte – ¿qué velocidad tiene realmente cada proceso?
- calidad de corte – ¿en qué medida queda limpio y encuadrado el corte final? – ¿qué cantidad de escoria queda después del corte? – ¿se necesita rectificación auxiliar?
- pretratamiento – ¿se necesita pretratamiento y limpieza del material antes del corte?
- trabajo auxiliar – ¿qué operaciones se necesitan después del corte y cuánto demoran?
- flexibilidad – ¿puede el sistema de corte adaptarse a diferentes tipos de material, corte y espesores?
- mantenimiento – ¿es difícil el mantenimiento/la reparación del sistema y pueden hacerlo los operadores en el propio establecimiento?
- costo – ¿cuánto cuestan el sistema de corte y las piezas consumibles?



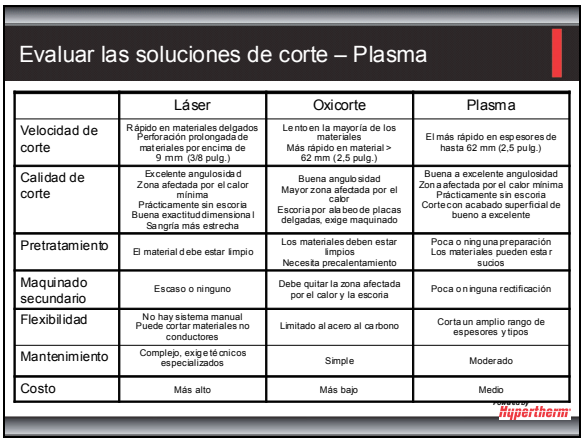
Diapositiva 15: Evaluar las soluciones de corte – láser

- Velocidad de corte: muy rápido en materiales delgados y más lento en los más gruesos; perforación prolongada de materiales por encima de 9 mm (3/8 pulg.).
- Calidad de corte: excelente angulosidad, zona afectada por el calor mínima, prácticamente sin escoria y excelente exactitud dimensional con menor sangría.
- Pretratamiento: hay que limpiar el material para que el láser funcione.
- Maquinado secundario: escaso o ninguno.
- Flexibilidad: pros: el láser es mejor en el corte de láminas de acero al carbono. El láser puede hacer “corte de línea común” – hacer cortes finales en ambos sentidos con un corte único. Esto reduce/elimina las “estructuras”, o sea, los pedazos de lámina metálica que se desechan después del cortar las piezas. Contras: no hay sistemas de láser manual, de modo que la pieza a cortar tiene que estar sobre una mesa. El láser de fibra óptica puede cortar algunos materiales reflectores. El corte del material reflector (aluminio) con láser de CO_2 necesita pretratamiento para recubrir la superficie.
- Mantenimiento: el mantenimiento es complejo y exige técnicos especializados.
- Costo: de los tres, el láser tiene el costo inicial más alto – hay sistemas láser que cuestan más de $1 millón.



Diapositiva 16: Evaluar las soluciones de corte – oxicorte

- Velocidad de corte: velocidades de corte lentas en un amplio rango de espesores (más rápido que los demás en acero al carbono con más de 62 mm [2,5 pulg.]); el precalentamiento aumenta la duración de la perforación y reduce la velocidad de corte en general.
- Calidad de corte: buena angulosidad, mayor zona afectada por el calor, alabeo de placas delgadas, niveles de escoria que exigen maquinado.
- Pretratamiento: los sistemas de oxicorte tienen que precalentar la pieza antes del corte. El área de corte no debe tener óxido/suciedad/pintura para el corte. El operador debe regular el flujo de gas de cada antorcha y es frecuente que las mesas de oxicorte usen varias antorchas para compensar las menores velocidades de corte.
- Maquinado secundario: es posible que los operadores tengan que rectificar la zona afectada por el calor, mayor que en los demás sistemas; este proceso es difícil y demanda mucho tiempo.
- Flexibilidad: el oxicorte está limitado al acero al carbono y no es eficaz en acero inoxidable ni aluminio.
- Mantenimiento: requisitos de mantenimiento simples que con frecuencia pueden llevar a cabo los grupos internos del mantenimiento.
- Costo: el oxicorte tiene el costo inicial más bajo de los tres.



Diapositiva 17: Evaluar las soluciones de corte – plasma

- Velocidad de corte: el más rápido para un amplio rango de espesores, hasta 62 mm (2,5 pulg.).
- Calidad de corte: buena a excelente angulosidad, zona afectada por el calor mínima, prácticamente sin escoria y corte con acabado superficial de bueno a excelente.
- Pretratamiento: necesita poca o ninguna preparación. Tolerante con pintura/suciedad/óxido/aceite en la pieza a cortar.
- Maquinado secundario: poca o ninguna rectificación; por lo general menos que el oxicorte.
- Flexibilidad: corta un amplio rango de espesores de material y tipos.
- Mantenimiento: requisitos de mantenimiento moderados; muchos componentes pueden repararlos los grupos internos de mantenimiento.
- Costo: el costo inicial está por lo regular entre el del oxicorte y el láser, yendo de menos de $2000 a $55 000.

Nombre: _____

Fecha: _____

Actividad pros y contra

Llene la tabla siguiente calificando cada criterio para cada tecnología de corte con 1, 2 ó 3, siendo 1 el mejor de los tres, 2 el término medio y 3, el peor.

	Plasma	Oxicorte	Láser
Velocidad de corte			
Calidad de corte			
Pretratamiento			
Maquinado secundario			
Flexibilidad			
Mantenimiento			
Costo inicial			

Diapositiva 19: Recapitulación de la actividad pros y contras

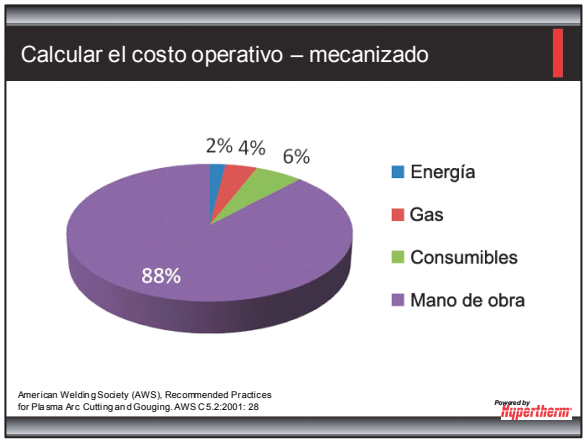
- El oxicorte está limitado al acero al carbono y no es eficaz en acero inoxidable ni aluminio.
- El plasma da una combinación óptima de calidad de corte, productividad y costo operativo en acero al carbono, acero inoxidable y aluminio, a lo largo de un amplio rango de espesores a un precio competitivo de inversión y equipos.
- El láser da excelente calidad de corte y productividad en materiales delgados. La tecnología láser tiene una elevada inversión en equipos y mayor costo de operación y mantenimiento, por lo tanto, exige un volumen de negocios superior para amortizar el costo.

Análisis de costo/beneficio

Diapositiva 20: Costos iniciales

Repasar los costos iniciales relacionados con los sistemas de plasma:

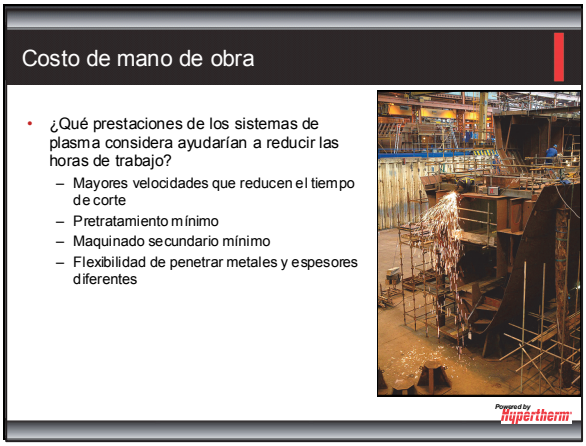
- el rango de costo de los sistemas de plasma va de menos de $2000 (una unidad manual pequeña) a más de $55 000 (sistemas mecanizados de precisión);
- el costo inicial incluye también las conexiones eléctricas y de gas;
- además, deberán tenerse en cuenta los equipos auxiliares como mesas, ventilación y manipulación de materiales. Dependiendo de los requisitos, estos costos pueden ser tanto o más que los del propio sistema.



Diapositiva 21: Calcular el costo operativo

El costo total de operar cualquier tipo de equipo de corte (después del gasto inicial en equipos) se compone de cuatro costos principales:

- energía para el funcionamiento del equipo (2%)
- gas para formar el plasma (4%)
- piezas de repuesto, entre ellas los consumibles de la antorcha (6%)
- mano de obra necesaria para operar y mantener los equipos, hacer el pretratamiento necesario y llevar a cabo cualquier maquinado secundario (88%)



Diapositiva 22: Costo de mano de obra

Dado que la mano de obra es con mucho el mayor factor en el cálculo del costo operativo, analice las prestaciones de los sistemas de plasma que considere ayudarían a reducir las horas de trabajo.

Diapositiva 23: Introducción al caso práctico

Nombre: _____

Fecha: _____

Caso práctico para calcular el costo de mano de obra

Dos constructores navales de Virginia Beach están compitiendo por un contrato para dar mantenimiento programado a un buque portacontenedores. Una parte del trabajo implica quitarle los paneles oxidados al casco de la nave y sustituirlos por los nuevos que se van a cortar de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.) de espesor. El buque tiene 100 paneles que se necesita reemplazar.

- ACME Incorporated usa un sistema de oxicorte confiable que tiene en su taller desde hace años. El costo de mano de obra se calcula en $100 por hora. Basados en su experiencia, saben que se necesitarán las siguientes tareas de corte para concluir este trabajo:

  quitar los paneles oxidados..... 10 minutos por panel

  cortar los paneles de repuesto de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.)..... 25 minutos por panel

  rectificar los paneles de repuesto antes de soldarlos.... 10 minutos por panel

  soldar los paneles de repuesto..... 15 minutos por panel

- BRAVO Industries utiliza un sistema de corte por plasma. El costo de mano de obra se calcula en $100 por hora. Basados en su experiencia, saben que se necesitarán las siguientes tareas de corte para concluir este trabajo:

  quitar los paneles oxidados..... 10 minutos por panel

  cortar los paneles de repuesto de una placa de acero de 2,5 cm (1 pulg.)..... 5 minutos por panel

  soldar los paneles de repuesto..... 15 minutos por panel

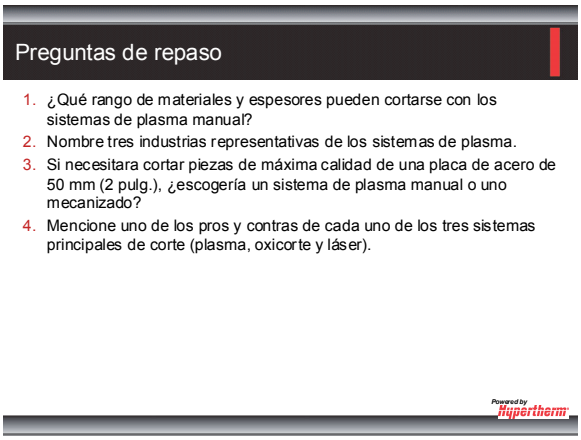
Calcule el costo de mano de obra para ejecutar este trabajo y después responda las preguntas siguientes:

1. ¿Cuál es el costo de mano de obra de ACME para los cortes que necesita este trabajo?

2. ¿Cuál es el costo de mano de obra de BRAVO para los cortes que necesita este trabajo?

3. ¿Qué compañía supone que conseguirá el trabajo?

Conclusiones



Diapositiva 24: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #2: Uso de los sistemas de plasma en la industria

1. ¿Qué rango de materiales y espesores pueden cortarse con los sistemas de plasma manual?

2. Nombre tres industrias representativas de los sistemas de plasma.

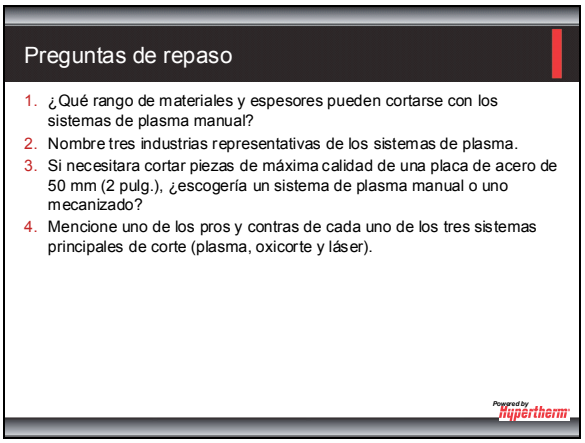
3. Si necesitara cortar piezas de máxima calidad de una placa de acero de 50 mm (2 pulg.), ¿escogería un sistema de plasma manual o uno mecanizado?

4. Mencione uno de los pros y contras de cada uno de los tres sistemas principales de corte (plasma, oxicorte y láser).

Sesión 3: Descripción general de un sistema de plasma

Introducción

Diapositiva 0: título de la sesión



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Partes de un sistema de plasma

Diapositiva 2: Partes de un sistema de plasma

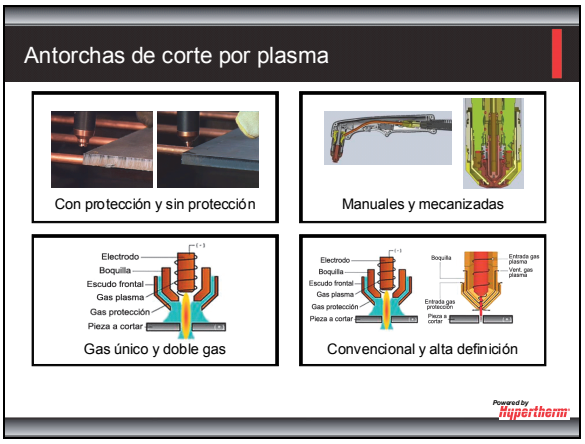
Un sistema de plasma tiene normalmente los siguientes componentes:

- Fuente de energía
- Antorcha manual y juego de consumibles
- Cable de masa

En dependencia del fabricante, también puede tener estos componentes opcionales:

- Antorcha mecanizada
- Consumibles extra

Antorchas de corte por plasma

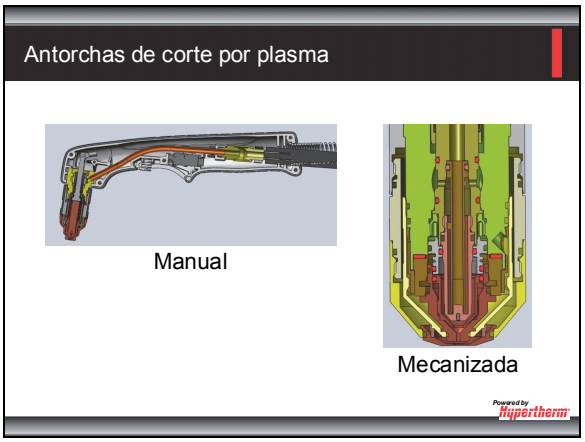


Diapositiva 3: Antorchas de corte por plasma

- Con protección y sin protección
- Manuales y mecanizadas
- Gas único y doble gas
- Convencional y alta definición

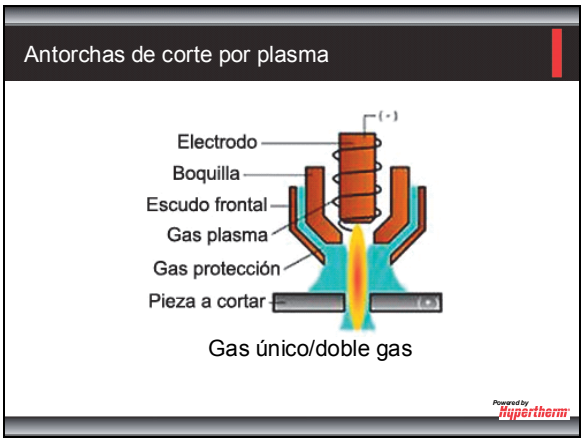
Diapositiva 4: Con protección y sin protección

- El montaje original del corte por plasma fue con consumibles sin protección; el gas fluía entre el electrodo y la boquilla formando el plasma.
- La boquilla daba forma al plasma que penetraba el metal.
- Al usar consumibles sin protección la separación es obligatoria. El operador mantiene la boquilla alejada unos 3 mm de la placa. Si la antorcha toca la placa los consumibles se pueden dañar o arruinar.
- Algunos operadores utilizan consumibles sin protección porque les dan mayor visibilidad del arco en espacios confinados.
- La protección tiene varios objetivos:
    - la punta de arrastre con protección permite a la antorcha descansar en la pieza manteniendo la debida distancia de separación.
    - proteger los consumibles manteniendo la boquilla eléctricamente neutra (sin carga),
    - facilitar alguna restricción al arco secundario.



Diapositiva 5: Manual y mecanizado

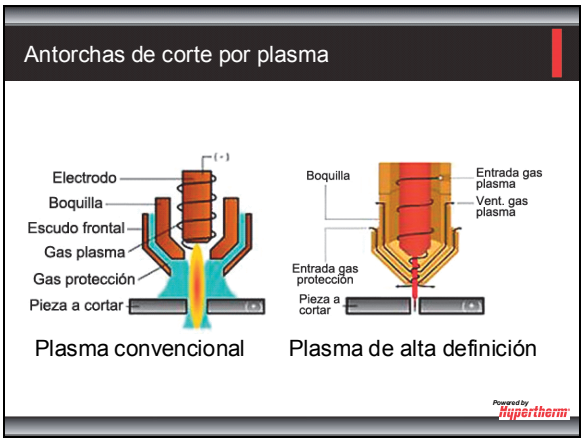
- Diferentes mecanismos de arranque – las antorchas manuales son con frecuencia de encendido en contacto, mientras que las antorchas mecanizadas pueden usar encendido en contacto o alta frecuencia.
- Las antorchas manuales se enfrían con aire, las mecanizadas pueden hacerlo con agua.



Diapositiva 6: Gas único y doble gas

- La mayoría de las antorchas de gas único y doble gas tienen un escudo frontal protegiendo la boquilla, así como un flujo de gas secundario rodeándola; el flujo secundario se llama “gas de protección”. La diferencia entre los diseños de gas único y doble gas es simple: si se usa un mismo gas para plasma y protección la antorcha es de gas único. Si son diferentes, es de doble gas.
- La selección del gas de protección depende de la aplicación de corte en específico.
- El gas de protección tiene 3 fines:
    - enfriar la boquilla
    - impedir que el calor irradie de nuevo hasta la boquilla
    - ayudar a quitar el material fundido
- En los sistemas manuales el gas plasma y el de protección normalmente provienen de una misma fuente; por lo general aire comprimido o nitrógeno. Esto se debe a que:
    - la calidad de corte es menos importante que en los sistemas mecanizados
    - varios cilindros de gas, además del conjunto de cables y mangueras afectan la transportabilidad del sistema.

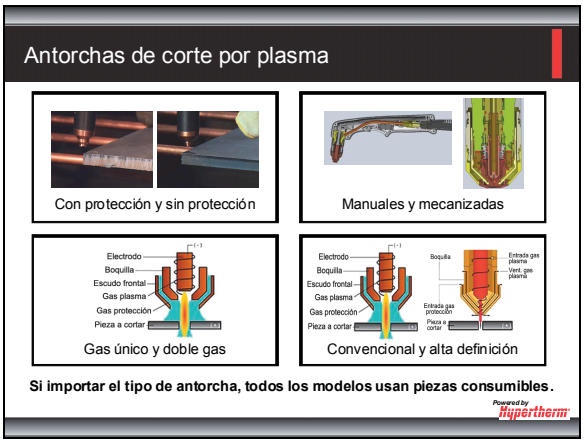
Existen muchas combinaciones de gases y su selección se hace de acuerdo con el equipo y la aplicación en específico; las consideraciones sobre los gases se tratarán más ampliamente después, en esta sesión.



Diapositiva 7: Plasma convencional y de alta definición

- El plasma de alta definición, también denominado “corte por plasma de precisión” es el método mecanizado más avanzado de constricción del arco.
- Los equipos de alta definición dan arcos de plasma sumamente constreñidos con una densidad de energía mucho mayor.
    - La densidad de energía se logra por medio de boquillas de vórtice de alto flujo, cámaras mezcladoras de alta velocidad, campos magnéticos y otras tecnologías en desarrollo.
    - Puede asemejarse a la calidad de corte láser en cuanto a angulosidad y escoria.
    - Se usa solamente en aplicaciones mecanizadas.

Juegos de consumibles

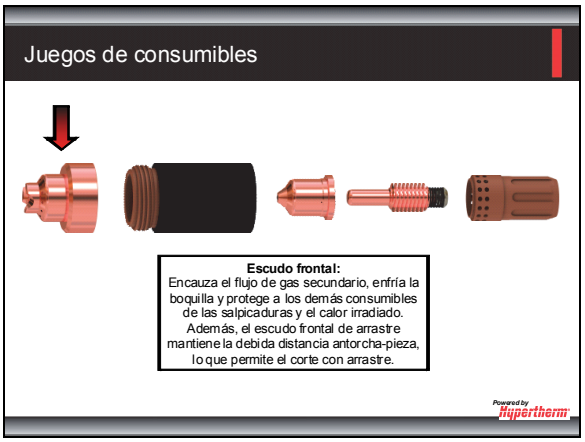


Diapositiva 8: Antorchas de corte por plasma

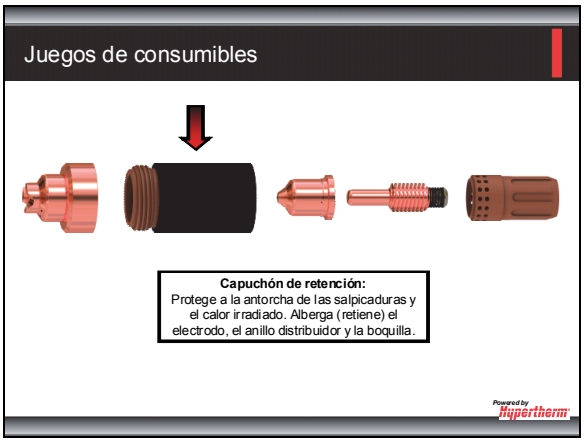
- El elemento que todas las antorchas tienen en común son sus piezas consumibles.

Diapositiva 9: Juegos de consumibles

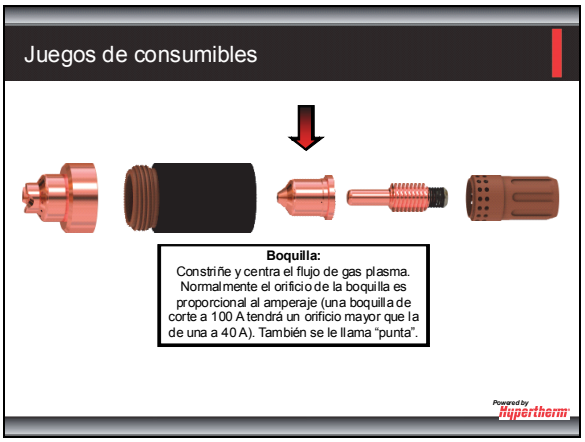
- Las partes de la antorcha que se desgastan a lo largo del tiempo son los consumibles.
- La frecuencia con que necesitará cambiar los consumibles dependerá de varios factores:
  - espesor y tipo de material a cortar
  - longitud de corte promedio
  - calidad del aire (presencia de aceite, humedad u otros contaminantes)
  - si usa perforación o arranque desde el borde
  - si mantiene la distancia antorcha-pieza con los consumibles sin protección
  - debida altura de perforación
  - el tipo de consumibles que esté empleando
- En los sistemas Hypertherm, un juego de consumibles dura aproximadamente de 1 a 2 horas de “arco encendido” para el corte manual y tanto como de 3 a 5 horas para el corte mecanizado.
- El debido cuidado y el reemplazo de estas piezas es crucial para lograr cortes de máxima calidad, seguros y económicos.
- Cuando vaya a inspeccionar o cambiar las piezas consumibles de la antorcha, cumpla siempre las instrucciones de desconexión de la energía



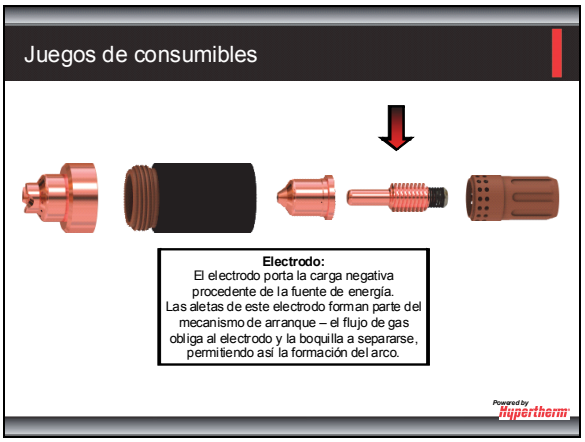
- **Escudo frontal (diapositiva 10)** – encauza el flujo de gas secundario, enfría la boquilla y protege a los demás consumibles de las salpicaduras y el calor irradiado. El escudo frontal mantiene la debida distancia antorcha-pieza, lo que permite el corte con arrastre. Las ranuras que tiene la punta del escudo frontal permiten al flujo de gas disipar el material fundido (y el calor) del juego de consumibles.



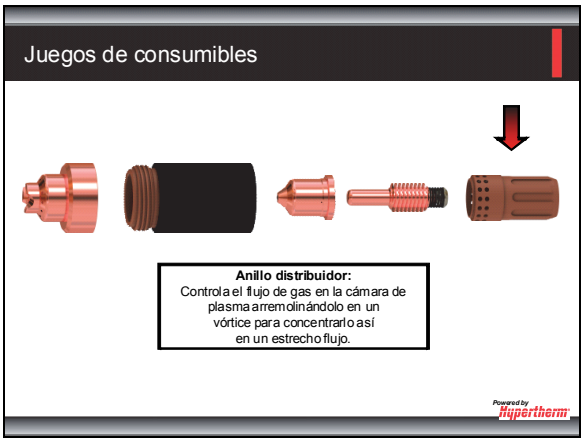
- **Capuchón de retención (diapositiva 11)** – protege a la antorcha de las salpicaduras y el calor irradiado. Alberga (retiene) el electrodo, el anillo distribuidor y la boquilla.



- **Boquilla (diapositiva 12)** – constriñe y centra el flujo de gas plasma. Normalmente el orificio de la boquilla es proporcional al amperaje. La boquilla de una máquina de 100 A tendrá un orificio mayor que la de un Powermax45 (45 A). Tenga presente, además, que hay boquillas de ranurado especiales que tienen un orificio más grande. Los operadores disminuirán la presión del gas, con lo que se produce un arco de plasma más ancho y menos concentrado.



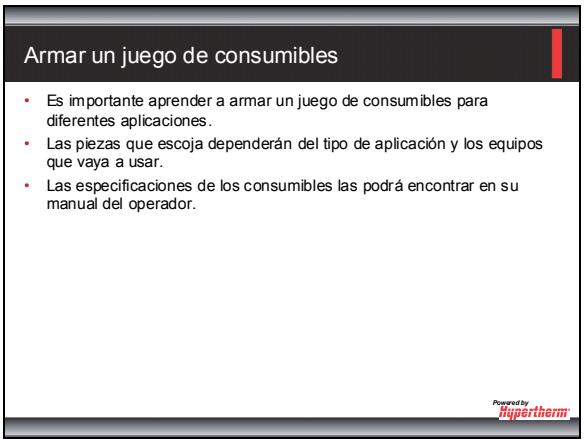
- **Electrodo (diapositiva 13)** – cobre con un inserto conductor (hafnio); el electrodo porta la carga negativa procedente de la fuente de energía. Las aletas de este electrodo forman parte del mecanismo de arranque – el flujo de gas obliga al electrodo y la boquilla a separarse, permitiendo así la formación del arco.



- **Anillo distribuidor (diapositiva 14)** – controla el flujo de gas en la cámara de plasma. Fíjese que los orificios del anillo distribuidor están inclinados para arremolinar el gas en un vórtice (torbellino), concentrándolo así en un estrecho flujo.

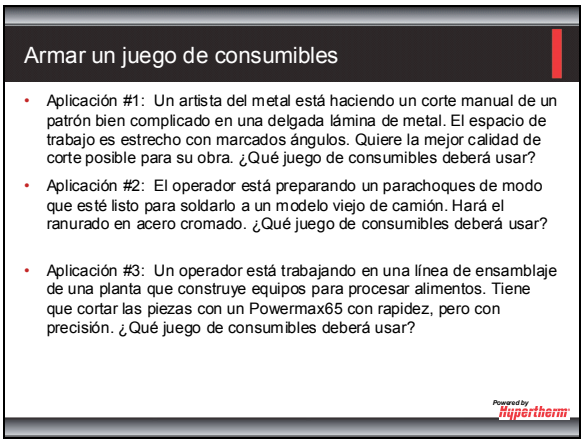
  Al estar todo ensamblado, los orificios del anillo distribuidor quedan por debajo de las aletas del electrodo. Al pasar el gas por estos orificios, empuja las aletas del electrodo y lo obliga a separarse de la boquilla. Este movimiento, denominado “blowback”, encendido por retracción del electrodo, es el que permite la formación del arco en los sistemas Powermax45 y Powermax65 por el método de encendido en contacto.

Armar un juego de consumibles



Diapositiva 15: Armar un juego de consumibles

- Es importante que los alumnos aprendan a armar un juego de consumibles para diferentes aplicaciones.
- Las piezas que escoja dependerán del tipo de aplicación y los equipos que vaya a usar.
- Las especificaciones de los consumibles las podrá encontrar en su manual del operador.



Diapositiva 16: Armar un juego de consumibles

- Tarea en grupos de 3 personas. Un alumno utiliza el manual para identificar las piezas adecuadas, otro arma las piezas y el tercero comprueba el trabajo para asegurar que esté correcto. Rotar las funciones en cada una de las actividades siguientes.
- Abra el manual del Powermax65 en la Sección 3. En esta sección están las opciones de consumibles que necesitará para armar un juego de consumibles como es debido.
- Tiene 3 - 4 minutos para armar un juego de consumibles en cada una de estas situaciones. Llene la ficha de trabajo (que se da en la página siguiente) para cada situación.

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Armar un juego de consumibles

Aplicación #1: Un artista del metal está haciendo un corte manual de un patrón bien complicado en una delgada lámina de metal. El espacio de trabajo es estrecho con marcados ángulos. Quiere la mejor calidad de corte posible para su obra. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

Aplicación #2: El operador está preparando un parachoques de modo que esté listo para soldarlo a un modelo viejo de camión. Hará el ranurado en acero cromado. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

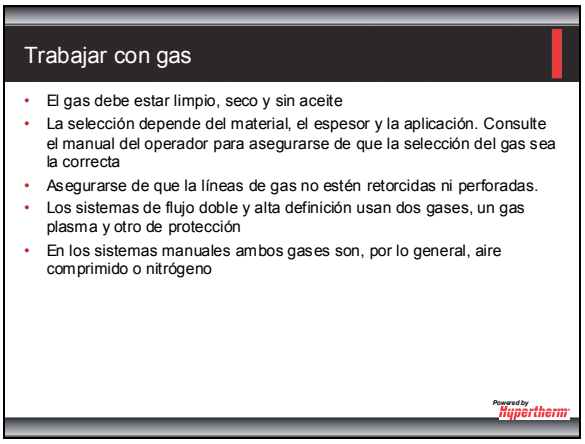
Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

Aplicación #3: Un operador está trabajando en una línea de ensamblaje de una planta que construye equipos para procesar alimentos. Tiene que cortar las piezas con un Powermax65 con rapidez, pero con precisión. ¿Qué juego de consumibles deberá usar?

Juego de consumibles: _____

Consumibles:
pieza _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____
pieza: _____ número: _____

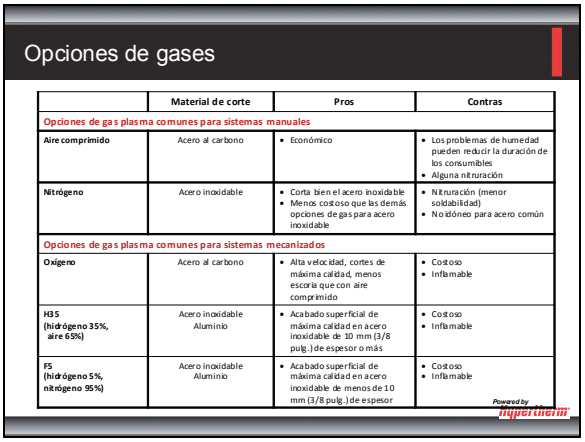
Consideraciones sobre los gases



Diapositiva 17: Trabajar con gas

Analice los siguientes aspectos importantes a considerar al trabajar con gas en un sistema de plasma:

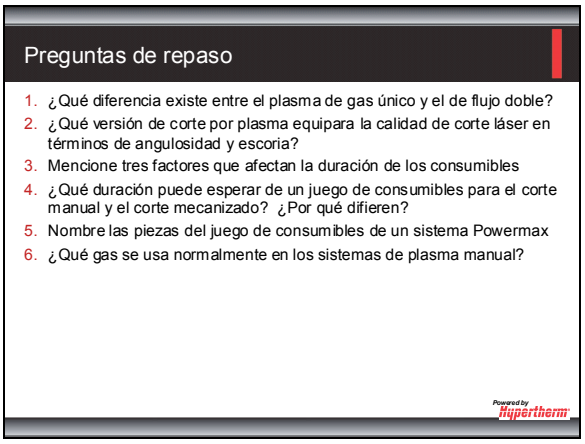
- el gas debe estar limpio, seco y sin aceite,
- los operadores de sistemas de plasma mecanizados usan diferente gases; su selección depende del material, el espesor y la aplicación. Consulte el manual del operador para asegurarse de que la selección del gas sea la correcta,
- asegúrese de que la líneas de gas no estén retorcidas ni perforadas. Una caída de presión en el gas puede afectar la calidad de corte o provocar una pérdida de arranque,
- los sistemas de flujo doble y alta definición usan dos gases, un gas plasma y otro de protección, para dar la mejor calidad de corte y duración de los consumibles. En los sistemas manuales ambos gases son, por lo general, aire comprimido o nitrógeno.



Diapositiva 18: Opciones de gases

En la tabla se muestran cuatro de los gases más comunes que se emplean en los sistemas de plasma, junto con los pros y contras de cada uno. Analice la tabla con la clase.

Conclusiones



Diapositiva 19: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre: _____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #3: Descripción general de un sistema de plasma

1. ¿Qué diferencia existe entre el plasma de gas único y el de flujo doble?

_____

_____

_____

_____

2. ¿Qué versión de corte por plasma equipara la calidad de corte láser en términos de angulosidad y escoria?

_____

3. Mencione tres factores que afectan la duración de los consumibles.

_____

_____

_____

4. ¿Qué duración puede esperar de un juego de consumibles para el corte manual y el corte mecanizado? ¿Por qué difieren?

_____

5. Nombre las piezas del juego de consumibles de un sistema Powermax.

_____

_____

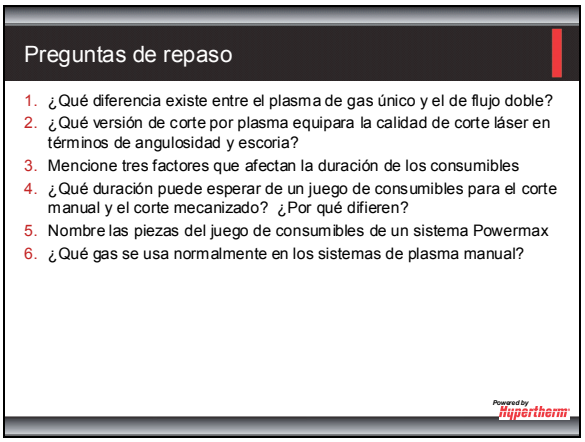
6. ¿Qué gas se usa normalmente en los sistemas de plasma manual?

_____

Sesión 4: Usar el manual del operador de su sistema de plasma

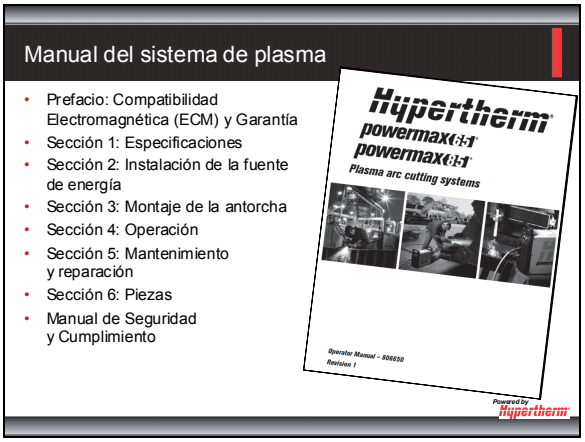
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título



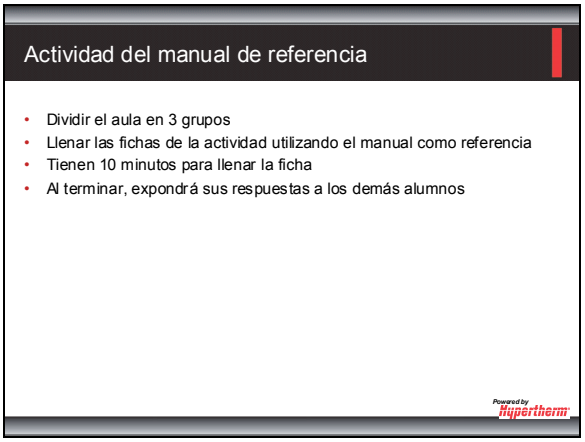
Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Manual del sistema de plasma



Diapositiva 2: Manual del sistema de plasma

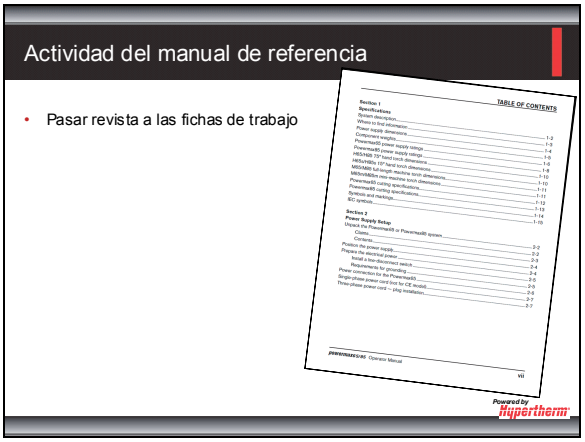
El manual deberá servir al operador como el principal recurso para informarse del sistema de plasma.



Diapositiva 3: Actividad del manual de referencia

Usar el manual del Powermax65 para responder una serie de preguntas.

- Divida el aula en 3 grupos Reparta las tres fichas de trabajo de la actividad – una a cada grupo.
- Cada grupo deberá tener al menos una copia del manual del Powermax65.
- Llenar las fichas de la actividad utilizando el manual y el Manual de Seguridad y Cumplimiento como referencia.
- Tienen 10 minutos para llenar la ficha.



Diapositiva 4: Actividad del manual de referencia

Analice las fichas de trabajo con los alumnos antes de pasar al próximo tema – seguridad.

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #1 del manual de referencia

Usted está trabajando en un taller de chapistería donde se hacen diferentes reparaciones diarias. El taller acaba de comprar un sistema Powermax65 con la intención de usarlo en todo tipo de corte manual. Necesitará instalar el sistema y enseñar a sus colegas a usar la máquina.

Responda estas preguntas para empezar su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿qué tipo de de gas utiliza el Powermax65? _____

   _____

2. Sección 3: Montaje de la antorcha – seleccione los consumibles de corte con arrastre con protección correspondientes al corte manual de acero al carbono. _____

   _____

3. Sección 5: Mantenimiento y reparación – al encender el sistema de corte, se ilumina el LED de falla y aparece el código de falla 0-50 en la pantalla LCD. ¿Qué significa esto? _____

   _____

4. Sección 4: Operación – lo primero que hará será cortar un pedazo de placa de 5 mm. ¿Dónde deberá poner el interruptor de modo y cómo se llama ese modo? _____

   _____

5. Sección 3: Montaje de la antorcha – se le pide remover una soldadura existente. ¿Qué número de pieza de escudo frontal debe usar? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – el arco no se transfiere a la pieza a cortar al hacer un corte. ¿Qué deberá hacer? _____

   _____

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #2 del manual de referencia

Trabaja en un taller climatización, principalmente en la fabricación y modificación de ductos. Su jefe le acaba de pedir que se ocupe de una nueva Powermax65 y se prepare para demostrar a sus colegas el uso de la máquina.

Responda estas preguntas para empezar con su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Prefacio – ¿Cuánto dura la garantía de la fuente de energía? _____

   _____

2. Manual de seguridad y cumplimiento – ¿qué número de filtro (sombra) de protección para los ojos se necesita como mínimo para el Powermax65? _____

   _____

3. Manual de seguridad y cumplimiento – ¿deberá poner en OFF (apagado) la energía para desarmar la antorcha? _____

   _____

4. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿cuánto pesa una Powermax65 CSA? _____

   _____

5. Sección 3: Montaje de la antorcha – ¿cuál es la velocidad de corte de mejor calidad (mm/min) para el corte de
   10 mm de aluminio a 65 A con consumibles con protección? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – ¿en qué momento debería reemplazar el electrodo? _____

   _____

Nombre:_____

Fecha: _____

Ficha actividad #3 del manual de referencia

Trabaja para un constructor metálico por encargo que hace todo tipo de piezas a usar en la producción. Recientemente compraron un nuevo sistema de plasma Powermax65 y pretenden usarlo para el corte manual y mecanizado. Necesitará instalar el sistema y enseñar a sus colegas a usar la máquina.

Responda estas preguntas para empezar con su tarea. Tendrán 10 minutos para llenar la ficha. Responda cada pregunta en el espacio que se da y cerciórese de incluir el número de página del manual donde encontró la información. Cuando haya terminado, se le pedirá que exponga sus respuestas al grupo y explique cómo y dónde encontró la información en el manual.

Página #

1. Prefacio – ¿cuánto dura la garantía de fábrica de las piezas de la antorcha? _____

   _____

2. Sección 1: Especificaciones de la máquina – ¿qué capacidad de perforación mecanizada tiene el Powermax65? _____

   _____

3. Sección 4: Operación – en el corte manual qué más fácil – ¿empujar la antorcha o halarla/arrastrarla? _____

   _____

4. Sección 4: Operación – se le pide que remueva una soldadura existente. ¿Qué ángulo se recomienda para el ranurado? _____

   _____

5. Sección 4: Operación – ¿qué es lo que hace con la pinza manual? _____

   _____

6. Sección 5: Mantenimiento y reparación – el LED de alimentación está parpadeando y aparece el código de error 0-13 en la pantalla. ¿Qué significa esto? _____

   _____

Procedimientos de seguridad

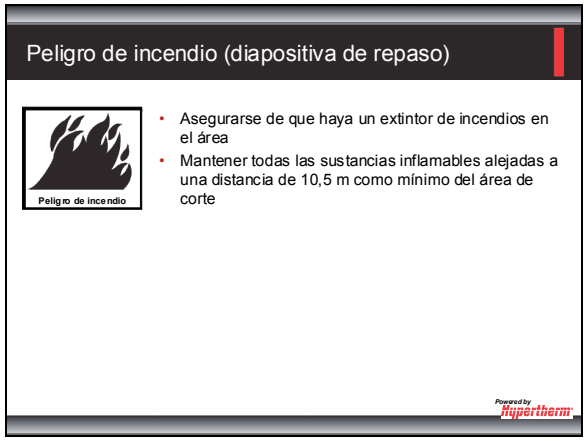
Diapositiva 5: Actividad de procedimientos de seguridad

Hay 9 temas principales de seguridad que se abordan en el manual que son los siguientes:

Peligro de incendio
Descarga eléctrica
Humos tóxicos
Quemaduras con el arco de plasma
Protección de los ojos y la piel
Puesta a tierra
Gas comprimido
Ruido
Marcapasos/aparatos auditivos

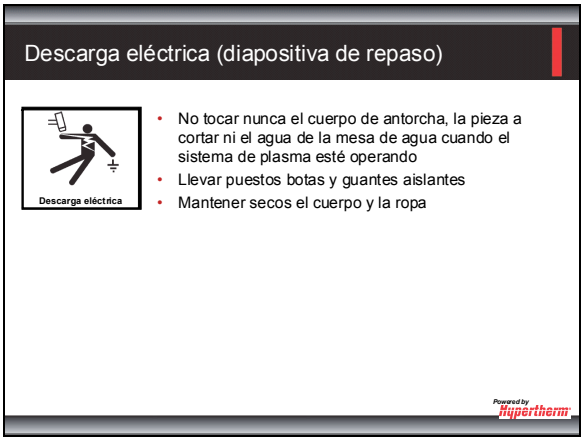
- Divida la clase en grupos y asigne a cada uno un tema de seguridad. Si la cantidad de alumnos no es muy grande quizá quiera combinar los temas como sigue:
    1. Peligro de incendio
    2. Descarga eléctrica
    3. Humos tóxicos
    4. Gas comprimido
    5. Puesta a tierra, ruido y marcapasos/aparatos auditivos
    6. Quemaduras con el arco de plasma y protección de los ojos/la piel

- Dedique 5 minutos a repasar la información de seguridad del tema o temas y estar listo para exponer a los demás lo que aprendió.



Diapositiva 6: Peligro de incendio

- Asegurarse de que haya un extintor de incendios en el área.
- Mantener todas las sustancias inflamables alejadas a una distancia de 10,5 m como mínimo del área de corte.



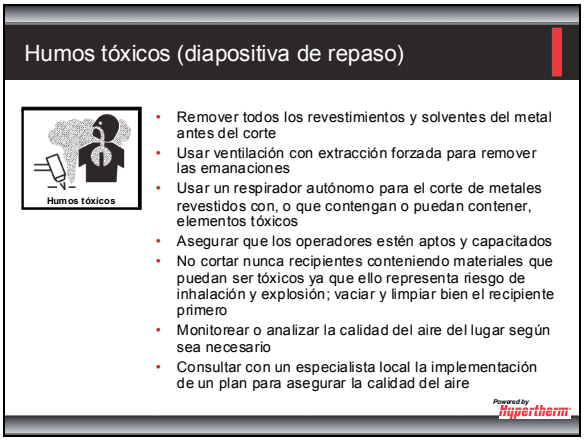
Diapositiva 7: Descarga eléctrica

Tocar las piezas por las que pase electricidad ("conductores vivos") puede provocar una descarga fatal o graves quemaduras. La operación del sistema de plasma cierra el circuito eléctrico entre la antorcha y la pieza a cortar; esta última y todo lo que la toque integran el circuito eléctrico.

- No tocar nunca el cuerpo de antorcha, la pieza a cortar ni el agua de la mesa de agua cuando el sistema de plasma esté operando.
- Llevar puestos botas y guantes aislantes.
- Mantener secos el cuerpo y la ropa.

Los voltajes y corrientes peligrosos en la punta del plasma y DENTRO de los paneles son suficientes como para producir un trauma, quemaduras o la muerte.

- El equipo solo puede abrirlo personal certificado, debidamente capacitado.
- Si la fuente de energía está conectada con un cable y enchufe, poner la energía en OFF (apagado) y desenchufarla antes de abrir los paneles.
- Si la fuente de energía está siempre conectada, poner en OFF (apagado) y bloquear/etiquetar la energía antes de abrir los paneles.
- Después de quitar la corriente, esperar 5 minutos a que los paneles se descarguen para trabajar en su interior.
- Si el equipo debe tener corriente al abrir los paneles para repararlo y darle mantenimiento, puede existir peligro de explosión por arco eléctrico. Al reparar o dar mantenimiento a los equipos energizados, cumplir TODOS los requisitos locales de prácticas de trabajo seguro y medios de protección individual (por ejemplo, NFPA 70E en EE. UU.).
- Para operar los equipos después de moverlos, abrirlos, repararlos o darles mantenimiento, los paneles deberán estar cerrados y verificada su continuidad a tierra.
- Cuando vaya a inspeccionar o cambiar las piezas consumibles de la antorcha, cumplir siempre primero estas instrucciones de desconexión de la energía.

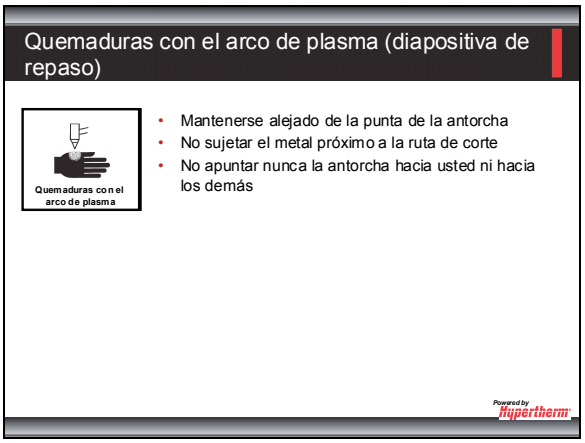


Diapositiva 8: Humos tóxicos

El material a cortar puede emanar humos o gases tóxicos que empobrecen el oxígeno. Los metales que pueden emanar humos tóxicos son, entre otros, el acero inoxidable, el acero al carbono, el zinc (galvanizado) y el cobre. Asimismo, el metal puede haberse revestido con sustancias capaces de liberar humos tóxicos, las que incluyen pero no necesariamente se limitan, al plomo, el cadmio y el berilio.

Para reducir el riesgo de exposición a los humos:

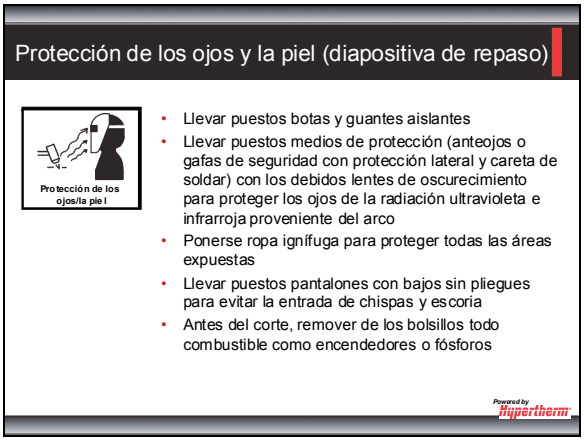
- remover todos los revestimientos y solventes del metal antes del corte;
- usar ventilación con extracción forzada para remover las emanaciones;
- usar un respirador autónomo para el corte de metales revestidos con, o que contengan o puedan contener, elementos tóxicos;
- asegurar que los operadores estén aptos y capacitados;
- no cortar nunca recipientes conteniendo materiales que puedan ser tóxicos ya que ello representa riesgo de inhalación y explosión; vaciar y limpiar bien el recipiente primero;
- monitorear o analizar la calidad del aire del lugar según sea necesario;
- consultar con un especialista local la implementación de un plan para asegurar la calidad del aire.



Diapositiva 9: Quemaduras con el arco de plasma

El arco de plasma prende inmediatamente al activarse el interruptor de la antorcha y penetrará con rapidez los guantes y la piel.

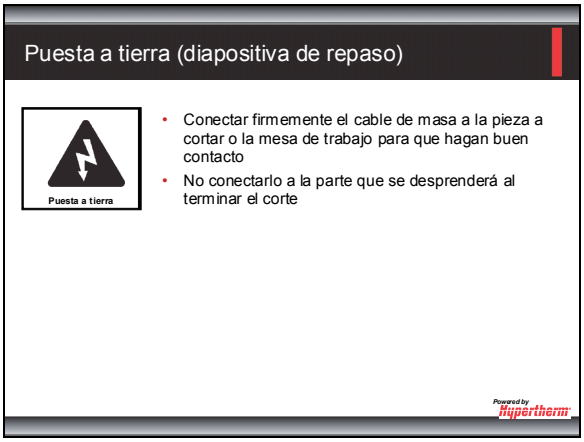
- Mantenerse alejado de la punta de la antorcha.
- No sujetar el metal próximo a la ruta de corte.
- No apuntar nunca la antorcha hacia usted ni hacia los demás.



Diapositiva 10: Protección de los ojos y la piel

El arco de plasma genera radiación visible e invisible (ultravioleta e infrarroja) capaz de quemar los ojos y la piel.

- Llevar puestos botas y guantes aislantes.
- Llevar puestos medios de protección (anteojos o gafas de seguridad con protección lateral y careta de soldar) con los debidos lentes de oscurecimiento para proteger los ojos de la radiación ultravioleta e infrarroja proveniente del arco.
- Ponerse ropa ignífuga para proteger todas las áreas expuestas.
- Llevar puestos pantalones con bajos sin pliegues para evitar la entrada de chispas y escoria.
- Antes del corte, remover de los bolsillos todo combustible como encendedores o fósforos.

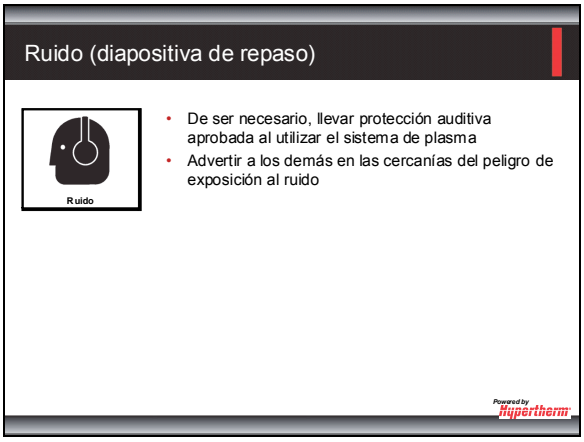


Diapositiva 11: Puesta a tierra

- Conectar firmemente el cable de masa a la pieza a cortar o la mesa de trabajo para que hagan buen contacto.
- No conectarlo a la parte que se desprenderá al terminar el corte.

Diapositiva 12: Equipos de gas comprimido

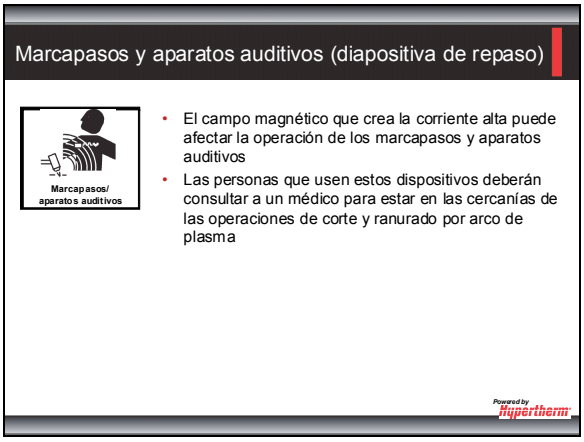
- Usar solamente cilindros de gas, reguladores, mangueras y conectores diseñados para la aplicación en concreto.



Diapositiva 13: Ruido

La exposición prolongada a altos niveles de ruido puede dañar la audición.

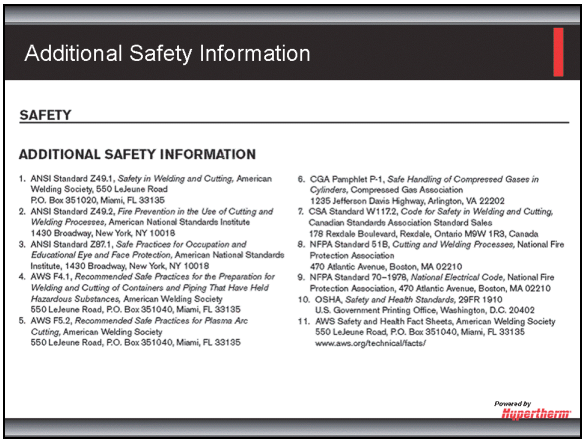
- De ser necesario, llevar protección auditiva aprobada al utilizar el sistema de plasma.
- Advertir a los demás en las cercanías del peligro de exposición al ruido.



Diapositiva 14: Marcapasos y aparatos auditivos

El campo magnético que crea la corriente alta puede afectar la operación de los marcapasos y aparatos auditivos

- Las personas que usen estos dispositivos deberán consultar a un médico para estar en las cercanías de las operaciones de corte y ranurado por arco de plasma.



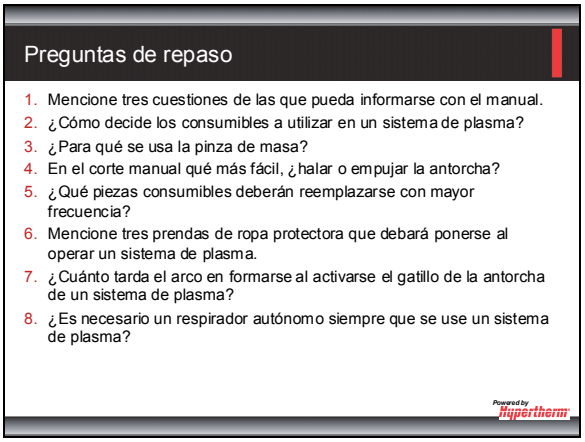
Diapositiva 15: Otra información de seguridad

- Puede encontrar más información de seguridad en los recursos que se muestran en esta diapositiva.

Actividad medios de protección

Diapositivas 16 - 29: Actividad medios de protección

Conclusiones



Diapositiva 30: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #4: Usar un sistema de plasma con seguridad

1. Mencione tres cuestiones de las que pueda informarse con el manual.

_____

_____

_____

2. ¿Cómo decide los consumibles a utilizar en un sistema de plasma?

_____

3. ¿Para qué se usa la pinza de masa?

_____

_____

4. En el corte manual qué más fácil, ¿halar o empujar la antorcha?

_____

5. ¿Qué piezas consumibles deberán reemplazarse con mayor frecuencia?

_____ _____

6. Mencione tres prendas de ropa protectora que deba ponerse al operar un sistema de plasma.

_____ _____ _____

7. ¿Cuánto tarda el arco en formarse al activarse el gatillo de la antorcha de un sistema de plasma?

_____

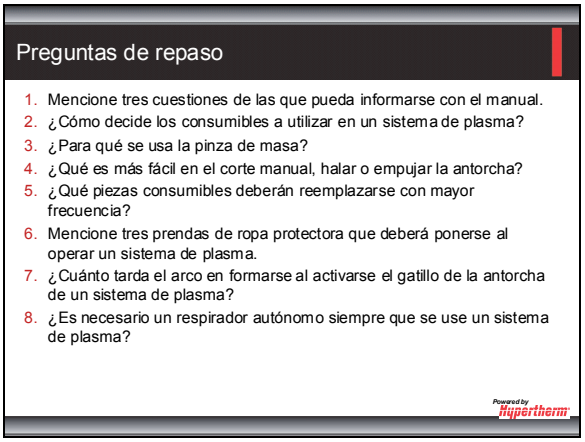
8. ¿Es necesario un respirador autónomo siempre que se use un sistema de plasma?

_____

Sesión 5: Operación del sistema de plasma

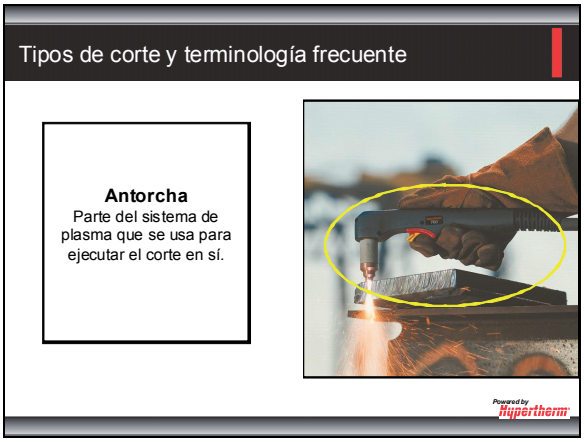
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título

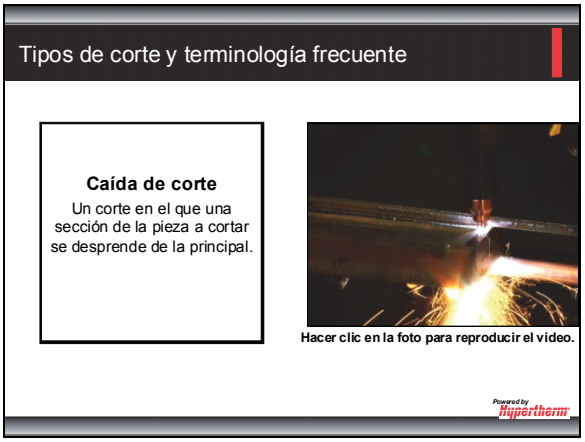


Diapositiva 1: Preguntas de repaso

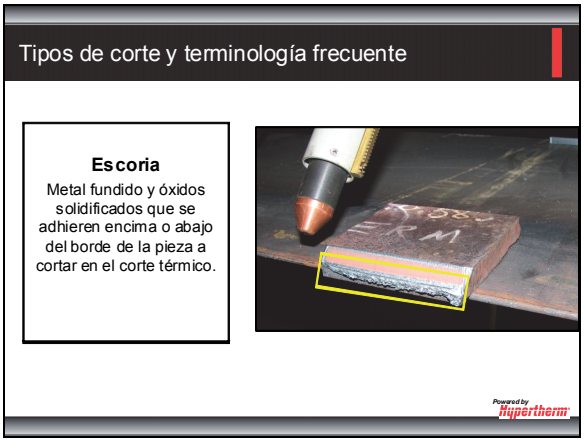
Terminología frecuente



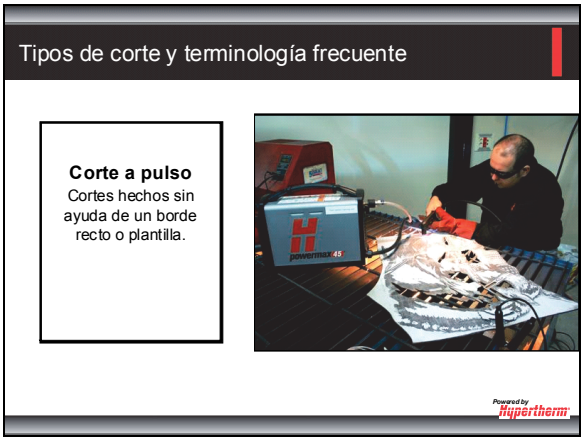
Diapositiva 2: Repaso de terminología frecuente



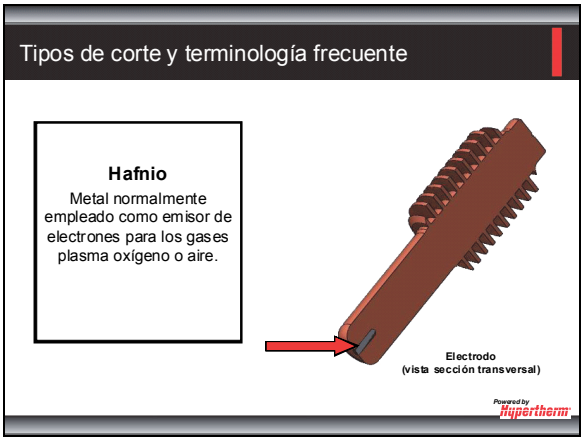
Diapositiva 3: Repaso de terminología frecuente



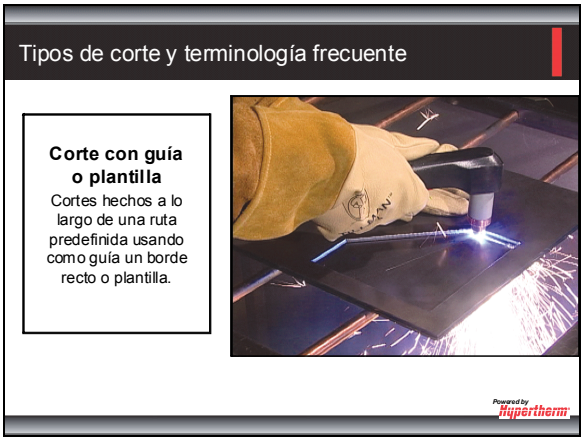
Diapositiva 4: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 5: Repaso de terminología frecuente



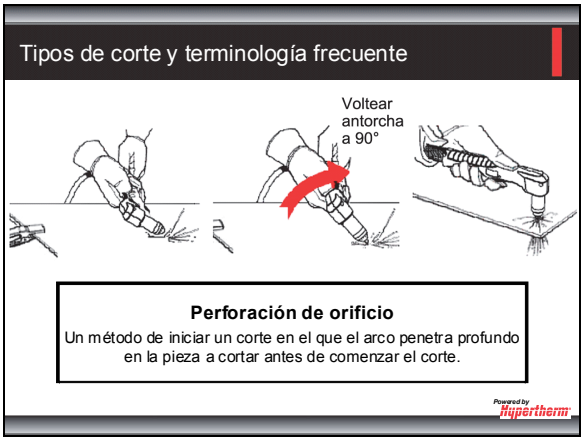
Diapositiva 6: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 7: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 8: Repaso de terminología frecuente

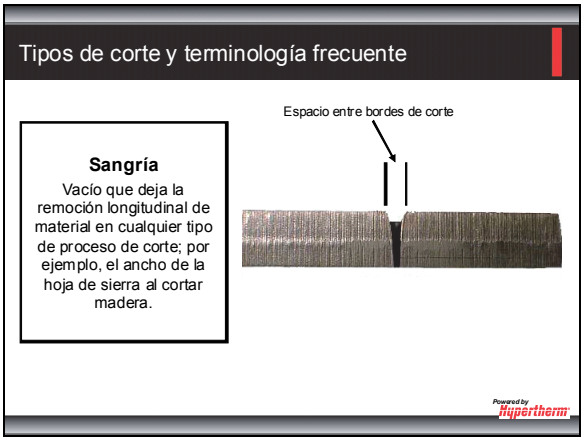
Diapositiva 9: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 10: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 11: Repaso de terminología frecuente

Diapositiva 12: Repaso de terminología frecuente



Diapositiva 13: Repaso de terminología frecuente

Arrancar la máquina

Diapositiva 14: Arrancar la máquina

En las páginas siguientes encontrará un resumen de la información presentada en el video.

Verificar que la energía esté desconectada y, si la fuente de energía es con cable y enchufe, verificar que esté desenchufada antes del paso 1.

Paso 1: Comprobar la debida instalación de los consumibles de la antorcha

- Desenroscar el capuchón de retención para quitar las piezas que van dentro.
- Reinstalar las piezas insertando primero la boquilla y, a continuación, el electrodo seguido del anillo distribuidor.

  Enroscar el capuchón de retención y apretarlo a mano; no apretar demasiado porque se pueden dañar los consumibles.

Paso 2: Conectar los cables y mangueras de la antorcha por el frente de la fuente de energía

Paso 3: Conectar el gas

- Halar el collar de desconexión rápida de la manguera de gas e insertarlo en el dispositivo correspondiente.
- El gas puede ser nitrógeno embotellado o aire comprimido o embotellado.
- El aire deberá filtrarse para remover la suciedad, el agua y aceite porque, de lo contario, podrían dañarse la fuente de energía, la antorcha y los consumibles.
- Presión de gas mínima: 5,5 bar.

  Presión de gas máxima: 6,9 bar.

Paso 4: Conectar la pinza de masa

- Comprobar que el cable de masa esté conectado a la fuente de energía. (Algunos sistemas no tienen un mecanismo de desconexión rápida en el cable de masa). Para lograr una conexión eléctrica óptima en el caso del Powermax65, empujar el conector en el receptáculo y darle 1/4 de vuelta en sentido horario asegurándose de que asiente por completo.
- Conectar firmemente el cable de masa a la pieza a cortar o la mesa de corte, cerca del lugar a cortar.
- Se deben quitar el óxido, la suciedad o los revestimientos para asegurar que hagan buen contacto eléctrico.

  No deberá conectar nunca la pinza a la parte del metal que se desprenderá.

Paso 5: Poner el sistema en ON (encendido)

- Enchufar el cable de alimentación al receptáculo adecuado.
- Poner el sistema en ON (encendido).
- Se iluminará el indicador de energía al frente del sistema.

  Buscar los requisitos de voltaje de entrada en la placa de datos al fondo o detrás de la fuente de energía o en el manual del operador.

Paso 6: Ajustar el interruptor de modo

Poner el interruptor en la posición corte de placa. La posición puede variar. Por ejemplo, en el Powermax45 está en el medio. En el Powermax65 es la segunda posición.

Paso 7: Comprobar la presión de gas

- Los sistemas como el Powermax65 tienen ajuste automático de gas. Excepto se encienda un indicador de falla y se muestre el código de falla de gas en la pantalla LCD, la presión de gas es la debida. Otros sistemas como el Powermax45 posiblemente necesiten que usted ajuste la presión:
  - si la barra LED del manómetro está verde, la presión de gas está bien ajustada
  - si el LED está en amarillo, la presión necesita ajuste
  - para ajustar la presión de gas, mueva la perilla de amperaje en sentido anti horario hasta la posición “prueba de gas”
  - a continuación, hale la perilla del regulador para desbloquearla
  - dé vuelta a la perilla hasta que el LED verde aparezca en el centro de la barra de presión
  - finalmente, empuje la perilla del regulador para bloquearla.

Paso 8: Ajustar el amperaje

- Para utilizar la máxima potencia de corte, ajuste la perilla de amperaje al valor máximo (65 A para el Powermax65).
- Para mejor duración de los consumibles y calidad de corte al cortar metal delgado es necesario bajar el amperaje.

Paso 9: Operar el gatillo de seguridad

- Evitar arranques innecesarios porque reducen la duración de la boquilla y el electrodo.

Ejecutar arranque desde el borde y caída de corte

- Sostener la antorcha verticalmente (perpendicular a la pieza a cortar) por fuera del borde de la pieza a cortar.
- El escudo frontal puede ponerse sobre la pieza a cortar para facilitar el corte.
- Levantar el gatillo de seguridad hacia delante y oprimir el gatillo rojo de la antorcha.
- El arco piloto se transfiere a la pieza a cortar y se convierte en arco de corte.
- Detenerse en el borde para dejar que el arco penetre completamente la pieza a cortar antes de proseguir el corte.
- Para cortar, halar la antorcha sin detenerse.

  Al acercarse al final del corte, desplazar ligeramente la mano con la antorcha alzando la muñeca. Esto inclinará la antorcha en el sentido de corte, permitiendo al arco partir completamente el material.

Velocidad de avance correcta

- Mantener la debida velocidad de avance es crucial para un corte exitoso.
- Observe el arco por debajo de la placa; las chispas deberán rezagarse unos 15° a 30° con respecto al corte.
- Si las chispas salen verticales, la velocidad de avance es demasiado baja.
- Si las chispas salen perpendiculares al corte o saltan de la pieza a cortar, la velocidad es demasiado alta o el sistema no tiene potencia suficiente. Las líneas de retraso en el borde del corte terminado deben tener también de 15° a 30º.

Corte con plantilla

- Para guiar la antorcha se puede usar una guía, un borde recto o una plantilla de corte por plasma.

  Al elaborar una plantilla o colocar el borde recto debe tenerse en cuenta la distancia entre el centro del escudo frontal y el borde.

Corte en bisel

Si está biselando con una guía de corte por plasma o a pulso, recuerde que el espesor de material aumenta proporcionalmente al ángulo de bisel.

Perforación

- La capacidad de perforación del sistema es a grosso modo la mitad de la capacidad de corte máxima.
- En función del espesor de material a perforar y el sistema a utilizar se distinguen dos métodos de perforación:
  - si la perforación es en metal delgado, sostener la antorcha perpendicular a la pieza a cortar y halar el gatillo para transferir el arco;
  - si la perforación es en metal grueso, sostener la antorcha a un ángulo de 45° para que la boquilla quede a unos 3 mm de la pieza a cortar; halar el gatillo para transferir el arco y rotar lentamente la antorcha para enderezarla.

- En ambos métodos el metal fue perforado cuando las chispas salgan por debajo de la pieza a cortar y se pueda empezar el corte.

  Para prolongar la duración de los consumibles se recomienda usar el segundo método que minimiza su deterioro debido al blowback (retracción) del metal fundido.

Corte de metal expandido

- Para cortar metal expandido (rejilla), o una aplicación con cortes discontinuos, ajustar el interruptor de modo en “corte de metal expandido” o la primera posición.
- Esto posibilita al sistema reiniciar automáticamente el arco piloto, sin volver a apretar el gatillo.

  Para cortar, seguir los mismos procedimientos indicados para el corte de placa.

Ranurado

- Para ranurar, poner primero el sistema en OFF (apagado), instalar los consumibles de ranurado y reiniciar el sistema.
- Poner el interruptor de modo en ranurado. En el Powermax 45 es la última posición. En el Powermax65 es la tercera posición.
- En dependencia del sistema que esté usando, posiblemente necesite ajustar la presión de gas y lograr un arco más ancho y difuso para el ranurado. El Powermax65 lo hace en su lugar. Si está usando un Powermax45 u otro sistema sin consola de gases automática:
  - mueva la perilla de amperaje en sentido anti horario hasta la posición “prueba de gas”,
  - hale después la perilla del regulador para desbloquearla, dele vuelta hasta que el LED verde aparezca en el centro de la barra de presión y empújela para bloquearla.
- Ajustar el amperaje a salida total para utilizar la máxima potencia de ranurado.
- Sostener la antorcha a un ángulo de 45º aproximadamente con respecto a la pieza a cortar, dejando un pequeño espacio entre la pieza y la punta de la antorcha y halar el gatillo para transferir el arco.
- Mantener el ángulo y mover lentamente la antorcha a lo largo de la pieza a cortar para remover el metal o soldadura indeseados.
- Si se desea una ranura menos profunda, disminuir el ángulo de la antorcha.

  Para una ranura más profunda, aumentar el ángulo de la antorcha o hacer pases adicionales.

Optimización del sistema

- La calidad de corte y la duración de los consumibles son dos factores muy importantes para los operadores.
- A fin de asegurar que los consumibles de la antorcha duren lo previsto por diseño y rindan según las especificaciones del fabricante, hay que seguir las instrucciones de este video, consultar las tablas de corte para la debida instalación y cumplir los procedimientos correspondientes de mantenimiento.
- Hay una serie de factores que determinan la duración de los consumibles, entre ellos, calidad del aire, técnica de perforación, longitud de corte promedio, pericia del operador, espesor de material y tipo.
- Con frecuencia, la causa de un rendimiento y calidad de corte pobres del sistema es la mala calidad del aire, así que hay que asegurar un aire sin aceite, seco y limpio.

Accesorios

Los fabricantes ofrecen diversos accesorios, entre ellos:

- filtros de aire
- guías de corte por plasma
- funda de cuero para antorcha
- cubiertas contra el polvo para el sistema
- caretas
- guantes

Ejecutar una caída de corte

Objetivo: *desarrollar confianza en el corte por plasma a pulso practicando la técnica, los cambios en velocidad de corte, ángulo de la antorcha, etcétera. Además, repasar y practicar la instalación de la máquina y el uso de los MPI.*

Tiempo: *25 - 30 minutos*

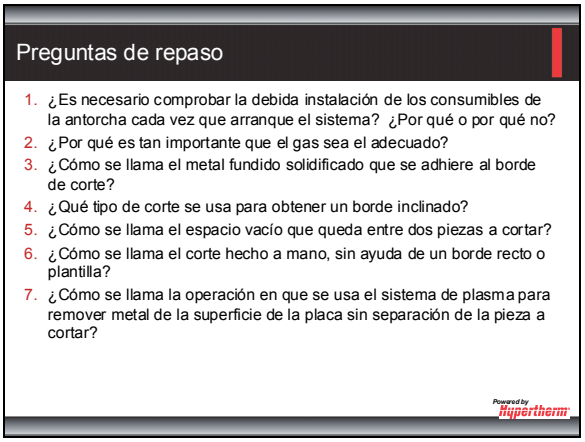
Materiales:

1. sistema de plasma con todas las conexiones necesarias (aire, energía, conexión a tierra),
2. anteojos de protección para toda el aula,
3. al menos un juego completo de medios de protección individual (+2 preferiblemente),
4. un ejemplar de la "Guía de instalación rápida" correspondiente,
5. suficiente acero al carbono para hacer +50 cortes rectos (recomendado: 90 cm x 30 cm como mínimo).

Orientaciones:

- lleve el sistema al área de corte del taller,
- imite la actividad **Arrancar la máquina**; los alumnos se turnan para usar la "Guía de instalación rápida" y preparar el sistema de plasma para el corte,
- analice con el grupo la técnica caída de corte demostrando la velocidad de corte y el ángulo de la antorcha SIN hacer ningún corte en realidad – dejarle a los alumnos lo bueno en esta oportunidad,
- primero, los alumnos se ponen todos los MPI y comprueban que el sistema esté listo para el corte,
- compruebe que todos tengan puestos los anteojos de protección antes de empezar el corte. Recuérdele al grupo la seguridad de los observadores (alejarse de las chispas, llevar puesta protección para los ojos todo el tiempo que dure el corte, etcétera),
- cada alumno tendrá la oportunidad de hacer 2 - 3 caídas de corte,
- los demás alumnos observan al que está haciendo el corte y hacen comentarios constructivos,
- al finalizar el corte, pare y repase la técnica con todo el grupo.

Conclusiones



Diapositiva 15: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #5: Operación del sistema de plasma

1. ¿Es necesario comprobar la debida instalación de los consumibles de la antorcha cada vez que arranque el sistema? ¿Por qué o por qué no?

_____

_____

_____

2. ¿Por qué es tan importante que la presión de gas sea la debida?

_____

_____

_____

3. ¿Cómo se llama el metal fundido solidificado que se adhiere al borde de corte?

_____

4. ¿Qué tipo de corte se usa para obtener un borde inclinado?

_____

5. ¿Cómo se llama el espacio vacío que queda entre dos piezas a cortar?

_____

6. ¿Cómo se llama el corte hecho a mano, sin ayuda de un borde recto o plantilla?

_____

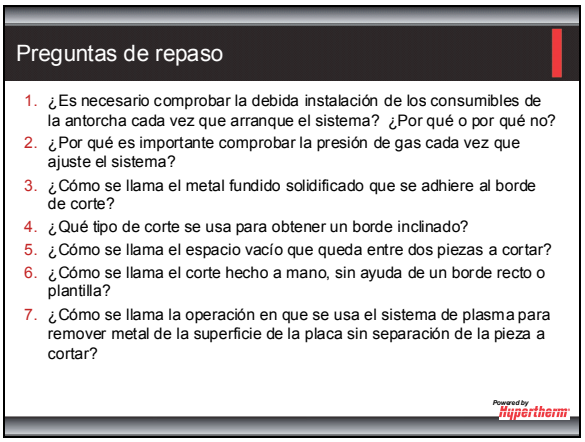
7. ¿Cómo se llama la operación en que se usa el sistema de plasma para remover metal de la superficie de la placa sin separación de la pieza a cortar?

_____

Sesión 6: Evaluar la calidad de corte y localización de problemas

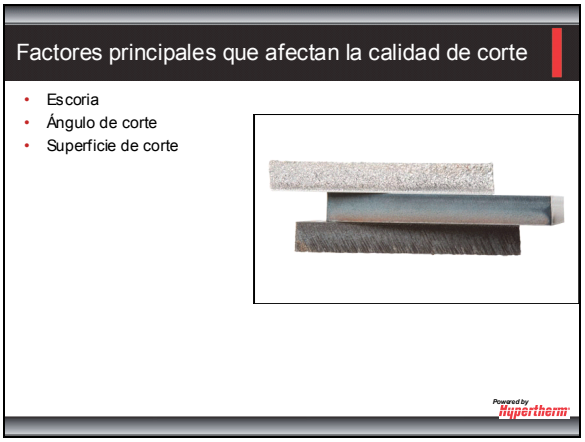
Introducción

Diapositiva 0: diapositiva de título



Diapositiva 1: Preguntas de repaso

Factores principales que afectan la calidad de corte



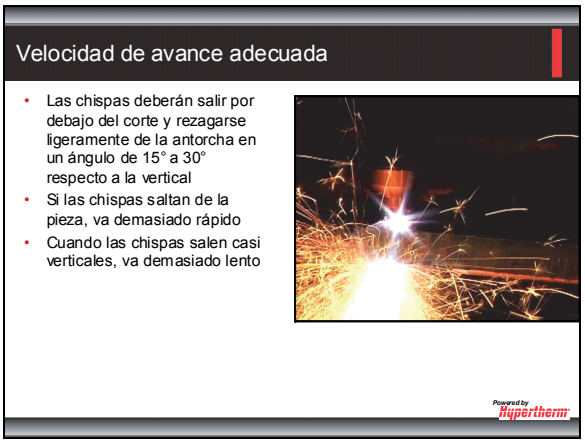
Diapositiva 2: Evaluar la calidad de corte

Al evaluar la calidad de corte, hay tres factores principales a considerar:

- escoria — el material fundido que se solidifica encima o por debajo de la pieza a cortar,
- ángulo de corte — el grado de angulosidad de la cara de corte,
- superficie de corte – la que puede ser cóncava o convexa y tener diferente acabado superficial (en términos de rectitud y textura); el corte por plasma manual por lo regular produce una superficie de corte con más rugosidad que el mecanizado.

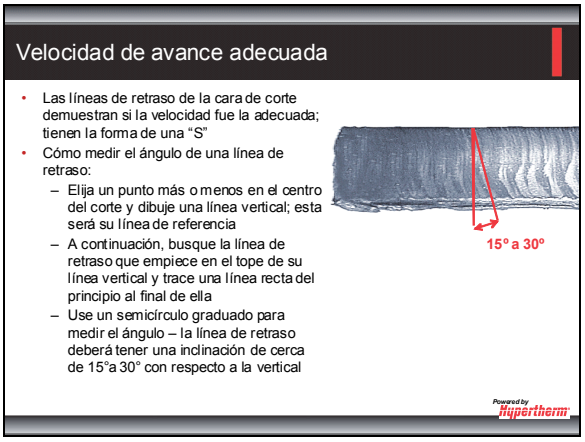
Diapositiva 3: Escoria

- La escoria es el metal fundido y los óxidos solidificados que se adhieren encima o debajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.
- En el corte por plasma aire siempre se formará alguna cantidad de escoria.
- La formación excesiva de escoria se debe principalmente a una velocidad de corte demasiado alta o demasiado baja para el material a cortar.



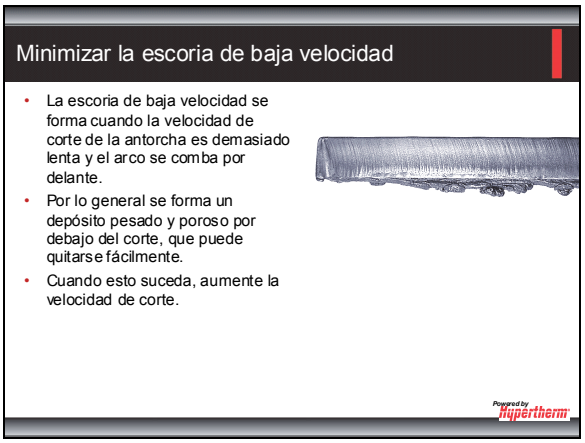
Diapositiva 4: Velocidad de avance adecuada

- Si el corte se hace a la velocidad adecuada, las chispas saldrán por debajo del corte y se rezagarán ligeramente de la antorcha en un ángulo de 15° a 30° respecto a la vertical; esto no es fácil de ver – posiblemente quiera reatroalimentación de algún observador.
- Cuando las chispas saltan, la antorcha avanza demasiado rápido; esto a veces se llama “cola de gallo”.
- Cuando las chispas por debajo del corte son casi verticales, el avance de la antorcha es demasiado lento.



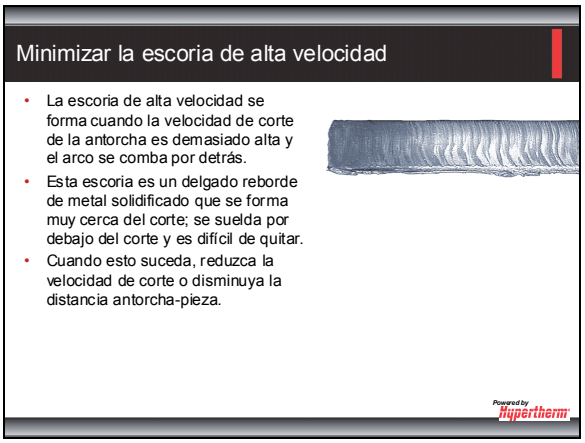
Diapositiva 5: Velocidad de avance adecuada (continuación)

- Las líneas de retraso de la cara de corte demuestran si la velocidad fue la adecuada; tienen la forma de una "S".
- Cómo medir el ángulo de una línea de retraso:
  - elija un punto más o menos en el centro del corte. Dibuje una recta vertical. Esta será su línea de referencia
  - busque la línea de retraso que empiece en el tope de su línea vertical. Trace una línea recta del principio al final de la línea de retraso
  - use un semicírculo graduado para medir el ángulo. La línea de retraso deberá tener una inclinación de cerca de 15° a 30° con respecto a la vertical.



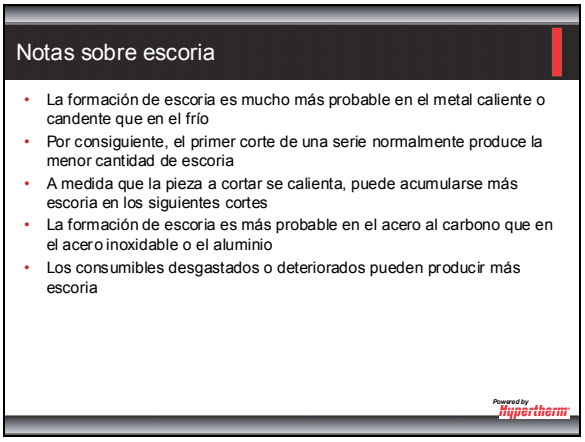
Diapositiva 6: Minimizar la escoria de baja velocidad

- La escoria de baja velocidad se forma cuando la velocidad de corte de la antorcha es demasiado baja y el arco se comba por delante.
- Por lo general se forma un depósito pesado y poroso por debajo del corte, que puede quitarse fácilmente.
- Cuando esto suceda, aumente la velocidad de corte



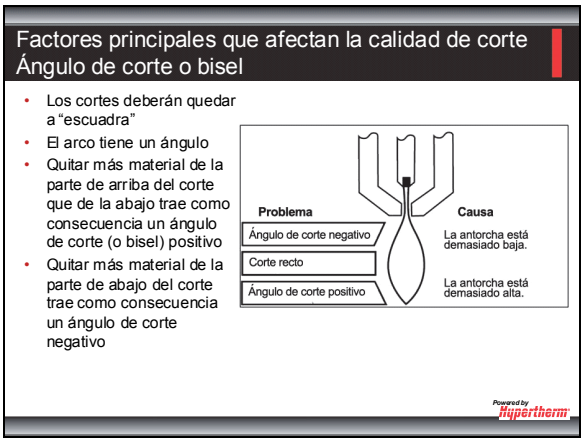
Diapositiva 7: Minimizar la escoria de alta velocidad

- La escoria de alta velocidad se forma cuando la velocidad de corte de la antorcha es demasiado alta y el arco se comba por detrás.
- Esta escoria es un delgado reborde de metal solidificado que se forma muy cerca del corte; se suelda por debajo del corte y es difícil de quitar.
- Cuando esto suceda, reduzca la velocidad de corte o disminuya la distancia antorcha-pieza.



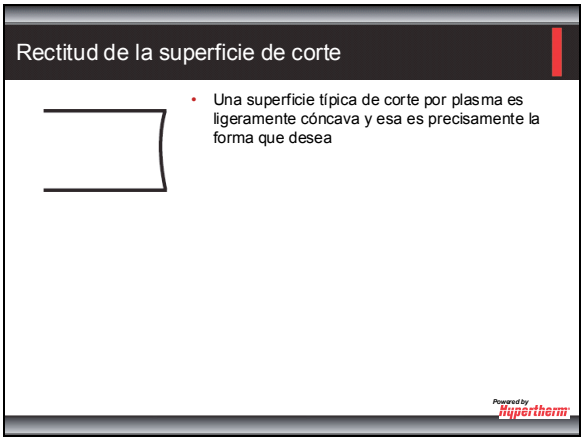
Diapositiva 8: Notas sobre escoria

- La formación de escoria es mucho más probable en el metal caliente o candente que en el frío. Por consiguiente, el primer corte de una serie normalmente produce la menor cantidad de escoria. A medida que la pieza a cortar se calienta, puede acumularse más escoria en los siguientes cortes.
- La formación de escoria es más probable en el acero al carbono que en el acero inoxidable o el aluminio.
- Los consumibles desgastados o deteriorados pueden producir más escoria.



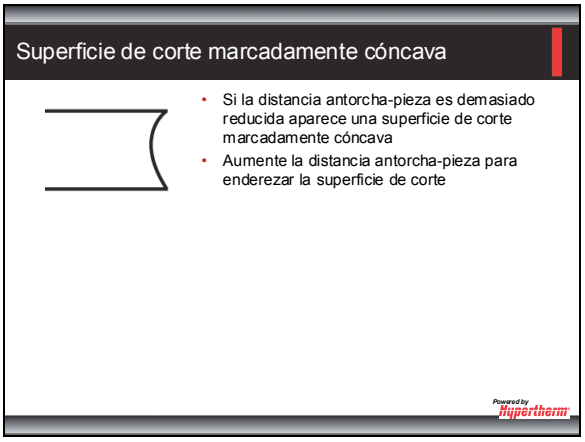
Diapositiva 9: Ángulo de corte o bisel

- Usted desea que los cortes que haga estén a "escuadra", lo que significa que las caras de corte no tengan ningún bisel.
- Hemos mencionado varias veces que "la protección de arrastre le permite arrastrar la antorcha a lo largo de la superficie de la pieza a cortar y mantener el arco a la debida distancia" – este es otro ejemplo de cómo funciona: asegura que la forma del arco que hace el corte esté lo más a escuadra posible.
- Como se muestra en la diapositiva, el arco de por sí tiene un ángulo.
- Quitar más material de la parte de arriba del corte que de la abajo trae como consecuencia un ángulo de corte (o bisel) positivo.
- Quitar más material de la parte de abajo del corte trae como consecuencia un ángulo de corte negativo.
- Fíjese que los cortes de mejor calidad están siempre a la derecha en relación con el avance de la antorcha – esto se debe a que el arco gira en sentido horario (visto desde arriba), de modo que está realmente mucho más caliente y denso al salir de la cara derecha de corte.



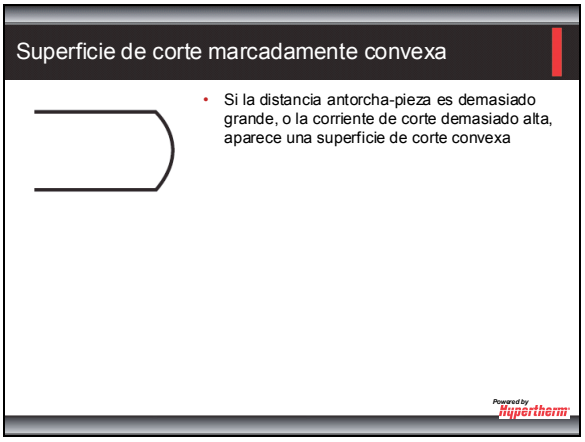
Diapositiva 10: Rectitud de la superficie de corte

- Una superficie típica de corte por plasma es ligeramente cóncava y esa es precisamente la forma que desea.



Diapositiva 11: Superficie de corte marcadamente cóncava

- Si la distancia antorcha-pieza es demasiado reducida aparece una superficie de corte marcadamente cóncava.
- Aumente la distancia antorcha-pieza para enderezar la superficie de corte.



Diapositiva 12: Superficie de corte marcadamente convexa

- Si la distancia antorcha-pieza es demasiado grande, o la corriente de corte demasiado alta, aparece una superficie de corte convexa.

Actividad evaluar la calidad de corte

Objetivo: *familiarizar a los alumnos con los instrumentos de medición empleados para determinar la relativa calidad de corte, así como los métodos de optimización. Los alumnos se sentirán más a gusto con la autoevaluación y se familiarizarán con la manera de recomendar ajustes.*

Tiempo: *15 - 20 minutos*

Materiales:

1. ficha de trabajo evaluación de corte – con las definiciones de la terminología de evaluación de corte.
2. Cortes de los alumnos de la Sesión 5.

Orientaciones:

- Acopiar los cortes que hicieron los alumnos en la Sesión 5 y analizarlos en grupo.
- Escoger tres o cuatro cortes que sirvan de ejemplo de defectos como escoria de alta o baja velocidad, ángulos de corte buenos y malos y/o superficies de corte cóncavas o convexas.
- Entregar a cada alumno una ficha de trabajo para evaluación y pedirles evaluar cada corte conforme a lo aprendido en esta clase.
- Cuando hayan terminado, discutir cada corte como grupo a fin de hacer comentarios y apoyar las opiniones de los alumnos.

Nombre: _____

Fecha: _____

Corte: _____

Evaluar la calidad de corte

1. Escoria — el material fundido que se solidifica encima o por debajo de la pieza a cortar.

Escoria de baja velocidad **Sin escoria** **Escoria de alta velocidad**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar la acumulación de escoria en la pieza a cortar?

2. Ángulo de corte — el grado de angulosidad de la cara de corte.

Ángulo de corte negativo **Corte recto** **Ángulo de corte positivo**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar el ángulo de corte?

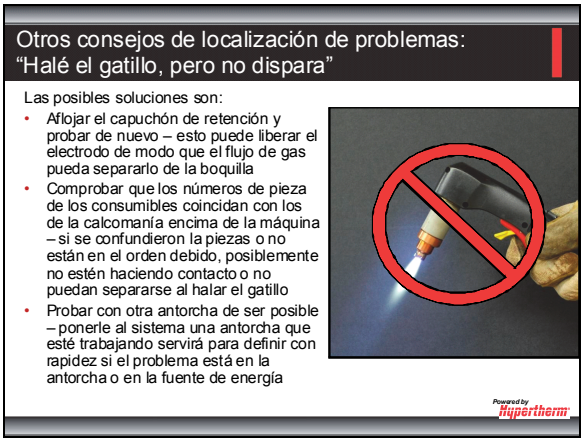
3. **Rectitud de la superficie de corte — la superficie de corte puede ser cóncava o convexa.**

Cóncava **Recta** **Convexa**

| | | | | | | | | |

¿Qué haría para mejorar la rectitud de la superficie de corte?

Otros consejos de localización de problemas:

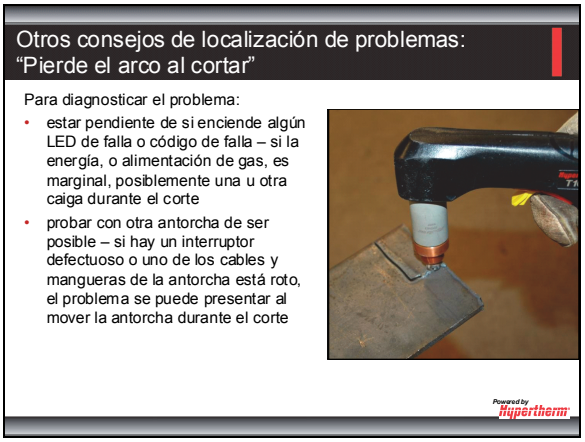


Diapositiva 13: Halé el gatillo, pero no dispara.

Una antorcha de plasma está concebida para iniciar un arco al pasar la corriente entre el electrodo y la boquilla, los que se tocan al estar libre la antorcha. Al halar el gatillo mientras está pasando la corriente, el flujo de gas separa las dos piezas y forma el plasma inicial. El arco de corte no se formará sin esta separación o arco inicial.

Las posibles soluciones son:

- Aflojar el capuchón de retención y probar de nuevo – esto puede liberar el electrodo de modo que el flujo de gas pueda separarlo de la boquilla.
- Comprobar que los números de pieza de los consumibles coincidan con los de la calcomanía encima de la máquina – si se confundieron las piezas o no están en el orden debido, posiblemente no estén haciendo contacto o no puedan separarse al halar el gatillo.
- Probar con otra antorcha de ser posible – ponerle al sistema una antorcha que esté trabajando servirá para definir con rapidez si el problema está en la antorcha o en la fuente de energía.

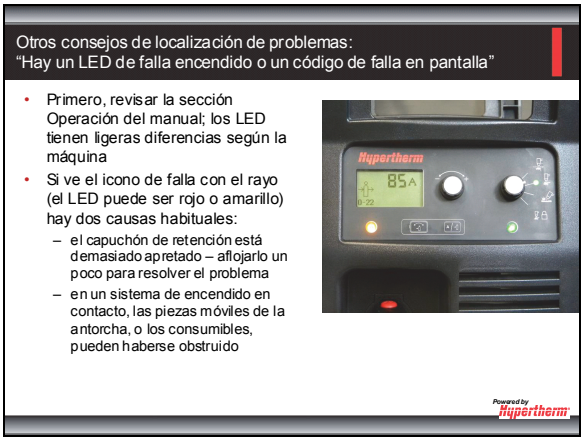


Diapositiva 14: El arco se pierde al cortar

Si esto sucede solo en ocasiones, posiblemente se deba al uso de energía marginal o a contaminación en la alimentación de aire. Si ocurre siempre, o el problema no se resuelve al sustituir la antorcha por otra que esté trabajando, es necesario solicitar al fabricante su reparación.

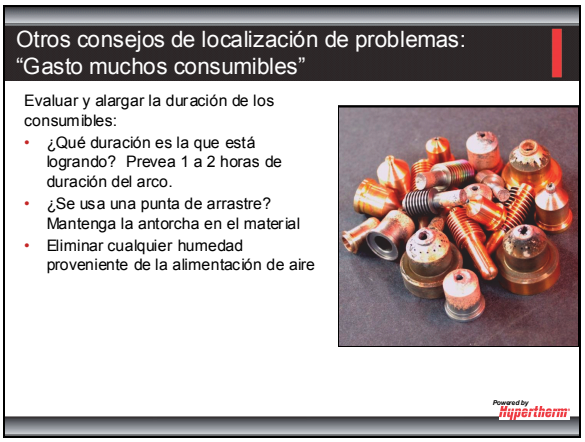
Para diagnosticar el problema:

- estar pendiente por si enciende algún LED de falla o código de falla – si la energía, o alimentación de gas, es marginal, posiblemente una u otra caiga durante el corte,
- probar con otra antorcha de ser posible – si hay un interruptor defectuoso o uno de los cables y mangueras de la antorcha está roto, el problema se puede presentar al mover la antorcha durante el corte.



Diapositiva 15: Hay un LED de falla encendido o un código de falla en pantalla

- Primero, revisar la sección Operación del manual; los LED tienen ligeras diferencias según la máquina. El manual deberá ayudar a resolver el problema.
- Si ve el icono de falla con el rayo (el LED puede ser rojo o amarillo) hay dos causas habituales:
    - el capuchón de retención está demasiado apretado – aflojarlo un poco para resolver el problema
    - el émbolo está sucio y no devuelve el electrodo a la posición libre (también puede ocasionar picadura del émbolo).

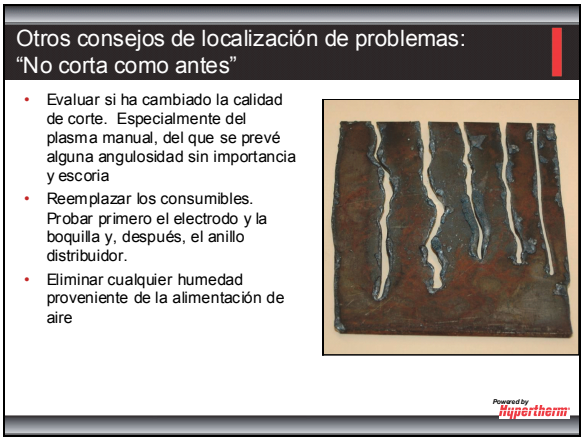


Diapositiva 16: Gasta muchos consumibles

La duración de los consumibles depende de muchas variables, entre ellas, amperaje (más amperaje = menor duración), espesor de material (mayor espesor = menor duración), velocidad de avance (cortes rápidos = menor duración) y perforación (el arranque desde el borde ayuda a mantener los consumibles).

Estos son algunos consejos para valorar y alargar la duración de los consumibles:

- ¿Qué duración es la que está logrando? En el corte manual prevea 1 a 2 horas de duración del arco.
- ¿Se usa una punta de arrastre? Mantener la antorcha en el material.
- Eliminar cualquier humedad proveniente de la alimentación de aire.



Diapositiva 17: No corta como antes

La calidad de corte depende en gran medida de la técnica del usuario. Por lo tanto, el primer paso es evaluar el cambio en la calidad de corte (de haberlo).

Estos son algunos consejos para valorar y mejorar la calidad de corte:

- Evaluar si ha cambiado la calidad de corte. Especialmente del plasma manual, del que se prevé alguna angulosidad sin importancia y escoria.
- Reemplazar los consumibles. Probar primero el electrodo y la boquilla y, después, el anillo distribuidor.
- Eliminar cualquier humedad proveniente de la alimentación de aire.
- Los cambios de composición de la pieza a cortar pueden afectar la calidad de corte.

Nombre:_____

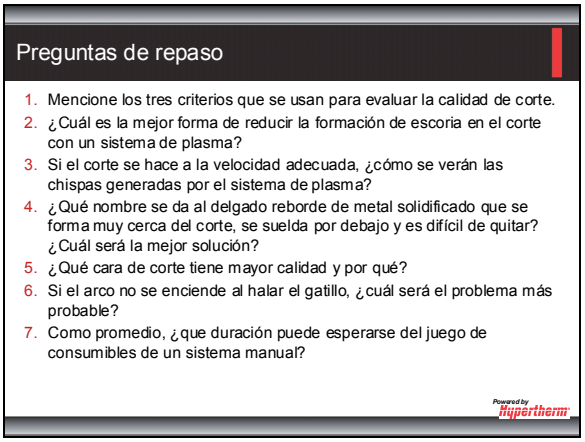
Fecha: _____

Actividad localización de problemas

Establezca la concordancia entre el problema y la causa probable escribiendo la letra correspondiente en el espacio en blanco a la izquierda.

Problema	**Causa probable**
____ Superficie de corte convexa	A. Velocidad de corte demasiado alta
____ El arco no se enciende al halar el gatillo	B. Muy poca distancia antorcha-pieza
____ Formación de escoria en delgado reborde que se suelda por debajo del corte	C. Velocidad de corte demasiado baja
____ Ángulo de corte positivo	D. Energía o alimentación de gas marginales
____ Ángulo de corte negativo	E. Consumibles equivocados
____ Depósito pesado y poroso de escoria por debajo del corte	F. Distancia antorcha-pieza demasiado grande
____ La antorcha pierde el arco en el corte	G. Si usa una punta de arrastre, mantener la antorcha en la placa a cortar
____ Poca duración de los consumibles	I. Distancia antorcha-pieza demasiado grande o corriente de corte demasiado alta

Conclusiones



Diapositiva 18: Conclusiones y sumario de preguntas de repaso

Nombre:_____

Fecha: _____

Tecnología de corte por plasma: teoría y práctica
Tarea #6: Evaluar la calidad de corte

1. Mencione los tres criterios que se usan para evaluar la calidad de corte.

   _____ _____ _____

2. ¿Cuál es la mejor forma de reducir la formación de escoria en el corte con un sistema de plasma?

   _____

3. Si el corte se hace a la velocidad adecuada, ¿cómo se verán las chispas generadas por el sistema de plasma?

   _____

4. ¿Qué nombre se da al delgado reborde de metal solidificado que se forma muy cerca del corte, se suelda por debajo y es difícil de quitar? ¿Qué ajuste se puede hacer para reducir su formación?

   _____

5. ¿Qué cara de corte tiene mayor calidad y por qué?

   _____

   _____

6. Si el arco no se enciende al halar el gatillo, ¿cuál será el problema más probable?

   _____

7. Como promedio, ¿qué duración puede esperarse del juego de consumibles de un sistema manual?

   _____

Glosario

Corte en bisel	Técnica de corte que usa una antorcha inclinada para que el borde de las piezas a cortar quede en ángulo.
Caída de corte	Un corte en el que una sección de la pieza a cortar se desprende de la principal.
Escoria	Metal fundido y óxidos solidificados que se adhieren encima o abajo del borde de la pieza a cortar en el corte térmico.
Electrodo	La pieza de un juego de consumibles que emite electrones en flujo estacionario para formar el arco de plasma.
Corte a pulso	Cortes hechos sin ayuda de un borde recto o plantilla.
Ranurado	El proceso de remover metal de la superficie de la placa sin penetrarla del todo; se usa en la remoción de soldaduras viejas o en la preparación de una superficie para soldeo.
Corte con guía	Cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.
Hafnio	Metal normalmente empleado como emisor de electrones para los gases plasma oxígeno o aire.
Perforación de orificio	Un método de iniciar un corte en el que el arco penetra profundo en la pieza a cortar antes de comenzar el corte.
Sangría	Vacío que deja la remoción longitudinal de material en cualquier tipo de proceso de corte; por ejemplo, el ancho de la hoja de sierra al cortar madera.
Boquilla	Pieza consumible de la antorcha con un orificio por el que pasa el arco.
Corte con plantilla	Cortes hechos a lo largo de una ruta predefinida usando como guía un borde recto o plantilla.
Antorcha	Parte del sistema de plasma que se usa para ejecutar el corte en sí.