



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“FABRICACIÓN DE ACOPLADORES
FUSIONADOS DE FIBRA ÓPTICA”**

T E S I N A

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO**

**PRESENTA:
ADÁN ISMAEL GUTIÉRREZ ESTRADA**

**DIRECTOR DE TESINA:
DR. JUAN HERNÁNDEZ CORDERO**



NOVIEMBRE 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Ahora que estoy a punto de culminar la etapa mas importante de mi vida, después de tantos años de esfuerzo y dedicación quiero agradecer a mis padres, **María Alejandra Estrada** y **Adán Gutiérrez Sánchez** por haberme inculcado los valores para ser un hombre de bien, por su sacrificio y esfuerzo a lo largo de todos estos años, por darme una formación académica, por mostrarme el camino para salir adelante en la vida y porque sin ellos habría sido imposible llegar hasta donde hoy estoy. Por su comprensión y amor, gracias.

A mi abuelo **Ramón Estrada Hernández** por ser la imagen a seguir en toda mi vida, por sus consejos y apoyo, por inculcar en mí la responsabilidad y la perseverancia, porque sin su persona nunca habría conocido la tranquilidad y la humildad, gracias.

A mi hermana **Ana Susana Gutiérrez Estrada** por todo el apoyo recibido en todos estos años, por permitirme la posibilidad de compartir tantas alegrías y tristezas a lo largo de mi vida, gracias.

A mi sobrina **Arianna Abigail**, por alegrarme la vida todos los días y por enseñarme que siempre hay cosas nuevas que aprender y conocer, gracias.

A **Dámaris Noguero Galicia** por estar siempre a mi lado en todos los momentos difíciles a lo largo de estos años, por permitirme compartir todos aquellos momentos importantes de mi vida, por impulsarme a seguir adelante, por toda su confianza y amor, gracias.

A mi asesor de tesis **Juan Hernández Cordero** por los conocimientos transmitidos a lo largo de este proyecto, por su apoyo y tiempo invertido en este trabajo, por su paciencia y dedicación gracias.

A mis amigos y compañeros de carrera gracias por compartir conmigo experiencias maravillosas dentro y fuera de las aulas, por la confianza y cariño que me han brindado y simplemente porque sin ellos la carrera no hubiera sido igual.

A mi Universidad y Facultad por haberme brindado la oportunidad de formarme como persona y profesional, por abrirme las puertas al mundo, por haberme enseñado a madurar y crecer en todos los ámbitos de la vida.

A CONACYT por todo el apoyo brindado en la realización de este trabajo, en particular al proyecto NSF-2004-08, gracias.

Adán Ismael Gutiérrez Estrada.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.	1
1.1	Objetivos.	2
2	ANTECEDENTES.	3
2.1	Generalidades sobre acopladores ópticos.	3
2.2	Acoplamiento entre guías de onda.	5
2.3	Adelgazamiento de fibras ópticas.	8
2.4	Acopladores fusionados sobre-acoplados.	9
3.-	ESTACIÓN DE TRABAJO PARA FABRICAR ACOPLADORES FUSIONADOS.	12
3.1	Características generales de la Estación OC2010.	12
3.2	Instalación de la estación de trabajo.	13
3.3	Ajustes preliminares de los parámetros de operación.	14
4	RESULTADOS.	16
4.1	Procedimiento para fabricar acopladores fusionados.	16
4.2	Características de transferencia de potencia en función de longitud de elongación.	21
4.3	Características espectrales de algunos acopladores fusionados.	23
5	CONCLUSIONES.	27
6	REFERENCIAS.	30
	APÉNDICE 1.	31
A1	Instalación del software.	31
A2	Instalación de la máquina acopladora.	31
A3	Manual de operación para la estación OC2010.	32
	APÉNDICE 2.	45
A4	Características técnicas de la fibra óptica SMF-28.	46
	APÉNDICE 3.	50
A5	Manual de de operación del fabricante para la estación OC2010.	51

1.- INTRODUCCIÓN.

En los sistemas de comunicaciones modernos, las fibras ópticas son una de las partes fundamentales para la transmisión de información a grandes velocidades y a través de grandes distancias. Gracias a su amplio ancho de banda y a las bajas pérdidas que sufre la señal durante su transmisión, las fibras ópticas representan quizás la única opción para transmitir información a las altas velocidades y en las grandes cantidades que demandan muchas de las aplicaciones actuales. Un ejemplo simple de esto es la Internet, en donde la demanda por ancho de banda es cada día más fuerte, sobre todo para satisfacer necesidades de acceso rápido a vídeo, voz y datos.

La configuración más simple de un sistema de comunicaciones con fibra óptica incluye una fuente de luz (típicamente un diodo láser o un LED), un detector óptico (fotodiodo) y una fibra óptica como enlace entre ambos. Sin embargo, para aumentar su funcionalidad, los sistemas de comunicaciones requieren de muchos dispositivos auxiliares a lo largo de toda la red. Algunos ejemplos incluyen conectores (empalmes), filtros, atenuadores, aisladores y acopladores. Estos últimos se utilizan típicamente para agregar o extraer señales a la red de comunicaciones, y son uno de los dispositivos de fibra óptica más importantes y útiles no sólo para sistemas de comunicaciones, sino también para otras aplicaciones entre las que destaca el desarrollo de sensores de fibra óptica.

Este trabajo presenta los detalles de la instalación, calibración y puesta en operación de una máquina para fabricar acopladores de fibra óptica monomodo. Este sistema, conocido también como estación de trabajo para acopladores, fue adquirido con la finalidad de realizar investigación sobre sensores de fibra óptica en el Instituto de Investigaciones en Materiales de la UNAM. Cabe destacar que ésta es la primera máquina de este tipo con la que cuenta la UNAM para fabricar estos dispositivos de fibra óptica.

La estación de trabajo es de origen chino y con ella se pueden fabricar acopladores de fibra óptica fusionados. Esta tecnología es la más utilizada para la fabricación de acopladores y de multiplexores por división de longitud de onda (WDM) sobre todo porque pueden fabricarse dispositivos de calidad a un costo bajo.

Además, al ser un proceso de fabricación controlado por computadora es posible también fabricar algunos componentes para aplicaciones especializadas. La máquina incluye también software de control que permite realizar los cambios y ajustes necesarios durante el proceso de fabricación para obtener acopladores con pérdidas de potencia baja y con características sumamente repetibles.

1.1.-OBJETIVOS

Instalar y calibrar la estación acopladora para la fabricación de acopladores fusionados con distintos coeficientes de acoplamiento.

Realizar un manual de operación que explique con detalle como realizar acopladores de 3 dB.

2.- ANTECEDENTES.

2.1.-GENERALIDADES SOBRE ACOPLADORES DE FIBRA ÓPTICA.

Los acopladores de fibra óptica permiten dividir o combinar las señales de luz entre dos o más fibras. Se utilizan típicamente como divisores de potencia para una longitud de onda determinada, aunque pueden también fabricarse dispositivos capaces de separar señales en función de la longitud de onda manteniendo la potencia constante. Actualmente, existen tres técnicas para la fabricación de acopladores de fibra óptica monomodo y multimodo: grabado, pulido y fusión de 2 o más fibras [1]. A pesar de que las primeras dos técnicas permiten obtener dispositivos con alta selectividad, los procesos de fabricación no pueden ser automatizados, pues involucran una elaborada preparación de las fibras ópticas que incluye la remoción de parte del revestimiento por medios químicos o mecánicos. Esto hace que se obtengan dispositivos con características poco repetibles, tiempos de fabricación largos y, por lo tanto, costos elevados de producción. Todos estos inconvenientes se evitan utilizando la técnica de fusión.

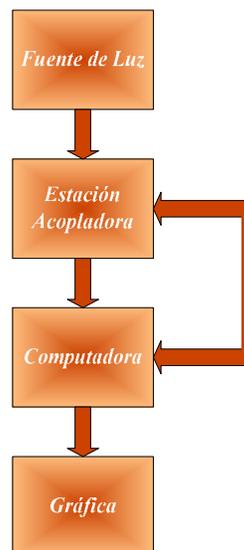


Figura 1. Proceso de fabricación para acopladores fusionados de 3dB.

Los acopladores fabricados por fusión se obtienen al fundir y adelgazar dos o más fibras al mismo tiempo. La idea básica de esta técnica de fabricación es unir longitudinalmente dos fibras ópticas en una pequeña región mediante el calentamiento y jalado de las fibras. Comúnmente, se utiliza un sistema computarizado conocido como estación para acopladores y con él se pueden controlar los parámetros involucrados en todo el proceso de fabricación. El funcionamiento de una estación acopladora puede ilustrarse mediante el diagrama de bloques mostrado en la figura 1. Las dos fibras ópticas que se fusionarán se colocan en la máquina y una de ellas se conecta a una fuente luz. En el extremo opuesto, las dos fibras ópticas se conectan a fotodetectores que miden la potencia óptica durante el proceso de fabricación. El calentamiento, fusión y elongación de ambas fibras se logra mediante una flama de hidrógeno y motores de pasos. El flujo de gas y la velocidad de elongación de ambas fibras se controlan mediante un programa de computadora que registra la transferencia de potencia entre ambas fibras y puede detenerse en cualquier momento.

En los acopladores fusionados las fibras se adelgazan y se funden en una pequeña sección llamada cuello, cuyas dimensiones son reducidas a tal punto que puede funcionar como un nuevo núcleo para transportar la luz. De esta manera, como se puede apreciar en la figura 2, el cuello del acoplador funciona como una nueva guía de onda en la que el medio a su alrededor (usualmente aire) es el nuevo revestimiento. Las características típicas de potencia en función de longitud de elongación para un acoplador de dos fibras ópticas de entrada y salida (2x2) se muestran en la figura 3.

El funcionamiento de los acopladores puede explicarse de manera simple considerando los modos de propagación en una fibra óptica. Cuando la luz que se propaga en una de las fibras llega a la región de acoplamiento, se presentan fenómenos de interferencia y de acoplamiento entre los modos de propagación disponibles en el cuello del acoplador [2]. Esto resulta en un comportamiento oscilatorio de la potencia a la salida del dispositivo, cuyas características dependen de la elongación, longitud de onda e índice de refracción del medio que rodea al acoplador.

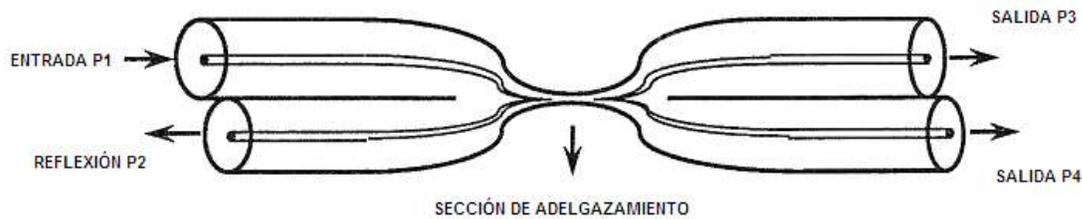


Figura 2. Representación esquemática de un acoplador fusionado de 2x2. La luz se acopla de una fibra a otra en la sección del cuello, formada al fusionar las dos fibras.

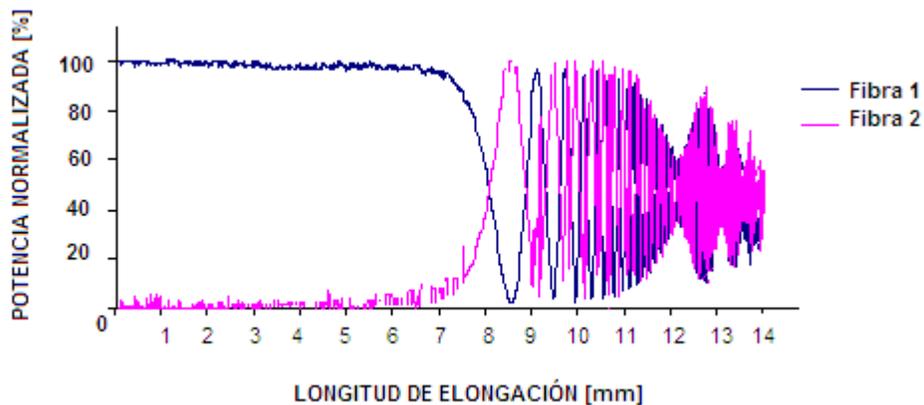


Figura 3 Ciclos de transferencia de energía en un acoplador fusionado. La primera intersección de las curvas representa el punto de 3 dB. Esta curva fue obtenida con la estación de trabajo OC-2010.

Por las características mencionadas anteriormente, los acopladores fabricados por fusión pueden ser utilizados como filtros, multiplexores de longitud de onda, atenuadores, y sensores. El proceso de fabricación es evidentemente muy importante, pues la geometría de la región de acoplamiento dependerá de la velocidad de elongación, la temperatura a la cual se someten las fibras, y la longitud total de elongación alcanzada en todo el proceso. El tipo de acoplador más común es el de 3 dB, en el que el total de la potencia óptica que entra al dispositivo se divide en partes iguales en las fibras de salida. En este caso, el proceso de fabricación se detiene cuando la transferencia de potencia de una fibra a otra es de 50 % (ver figura 3).

2.2 ACOPLAMIENTO ENTRE GUÍAS DE ONDA.

Los acopladores de guías de onda son dispositivos fundamentales para un gran número de aplicaciones, pues con ellos se pueden construir divisores de haz, moduladores y

otros dispositivos. En general, el acoplamiento de luz entre guías de onda está basado en aproximar los núcleos de las dos guías lo suficiente como para que exista transferencia de potencia óptica, tal y como se ilustra en la figura 4.

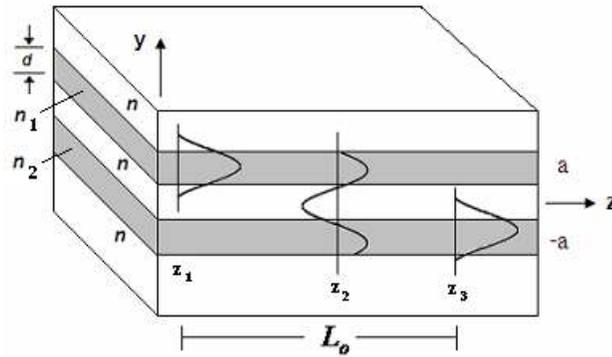


Figura 4 Acoplamiento entre guías de onda [3].

El análisis teórico de la interacción de las ondas entre guías cercanas puede hacerse con las ecuaciones de modos acoplados [3]. Estas ecuaciones relacionan las amplitudes de los modos que se propagan en las guías de onda y su interacción se describe mediante el coeficiente de acoplamiento. Utilizando esta descripción, la potencia óptica en cada una de las guías puede expresarse como:

$$P_1(z) = P_1(0) \left(\cos^2 \gamma z + \left(\frac{\Delta\beta}{2\gamma} \right)^2 \sin^2 \gamma z \right)$$

$$P_2(z) = P_1(0) \frac{|C_{12}|^2}{\gamma^2} \sin^2 \gamma z$$

Donde $\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2$ es la diferencia de fase por unidad de longitud y C_{ij} son los coeficientes de acoplamiento. De esta forma, podemos ver que la potencia se intercambia de manera periódica entre las guías de onda. El período es $\frac{2\pi}{\gamma}$, además, por conservación de energía se requiere que $C_{21} = C_{12} = C$.

Los coeficientes de acoplamiento dependen de la geometría y del índice de refracción, explícitamente:

$$C_{21} = \frac{1}{2}(n_2^2 - n^2) \frac{k_0^2}{\beta_1} \int_a^{a+d} u_1(y)u_2(y)dy$$

$$C_{12} = \frac{1}{2}(n_1^2 - n^2) \frac{k_0^2}{\beta_2} \int_{-a-d}^{-a} u_2(y)u_1(y)dy$$

Un caso particular que se usa mucho para propósitos prácticos es cuando las guías de onda son exactamente iguales, esto es: $n_1 = n_2$, $\beta_1 = \beta_2$ y $\Delta\beta = 0$. En este caso, las dos ondas guiadas están igualadas en fase y las soluciones se simplifican a:

$$P_1(z) = P_1(0) \cos^2 Cz$$

$$P_2(z) = P_1(0) \sin^2 Cz$$

Nótese que en este caso la transferencia de potencia puede ser total, por ejemplo, toda la potencia óptica guiada en uno de los núcleos puede transferirse a la otra guía de onda. El resultado de esto es que podemos hacer un dispositivo para acoplar una cantidad de potencia cualquiera de una guía de onda a otra: por ejemplo, para una longitud:

$$z = L_0 = \frac{\pi}{2C}$$

se presenta la transferencia total de potencia de una guía a otra. Similarmente, a una distancia $z = \frac{L_0}{2}$ la transferencia es del 50% (acoplador de 3 dB) [3], como ya se había mencionado anteriormente (ver figura 5).

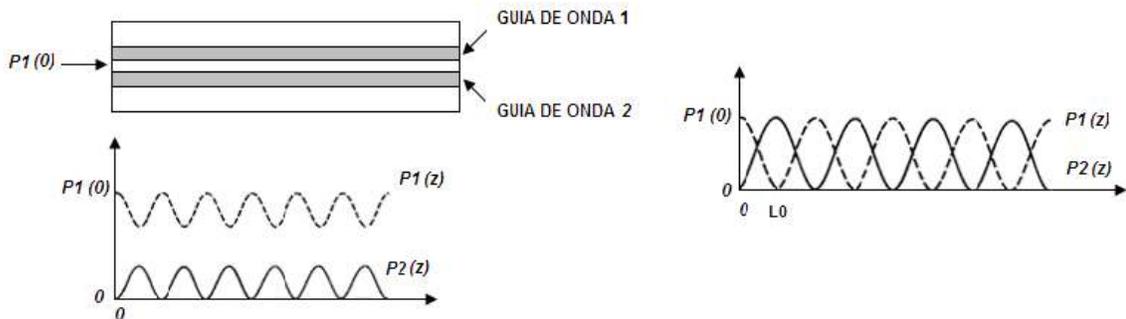


Fig. 5 Acoplamiento entre guías de onda planas: la transferencia de potencia entre ambas guías ocurre de manera periódica [3].

Tomando como base el funcionamiento de los acopladores de guías de ondas planas (figura 5), podemos observar que el acoplador de fibra óptica presenta características diferentes (figura 3). Si bien es cierto que ambas gráficas tienen el mismo comportamiento inicial, la transferencia de potencia en el acoplador de fibra óptica cambia su periodicidad a medida que transcurre el proceso de elongación. Esto se debe a que las fibras se siguen jalando y por lo tanto haciéndose más delgadas, lo cual trae como consecuencia que la periodicidad de la transferencia de potencia no se mantenga constante. El modelado matemático de acopladores de fibra óptica, es mucho más complicado, pues involucra considerar el cambio de geometría durante el proceso de fabricación [2]. Sin embargo, el comportamiento general y el principio de operación de los acopladores puede entenderse bien utilizando el análisis de acoplamiento de energía entre guías de onda planas.

2.3.-ADELGAZAMIENTO DE FIBRAS ÓPTICAS.

Cuando una pequeña sección de una fibra óptica se calienta y se elonga de manera controlada, es posible adelgazar la fibra y que ésta conserve sus propiedades de guía de ondas. El adelgazamiento de la fibra óptica se lleva a cabo mediante una serie de procesos que comprenden desde la introducción de la luz a la fibra y la fijación a la estación del trabajo, hasta el monitoreo de la potencia de salida de la fibra adelgazada y el encapsulado del producto final. La fibra también es sometida a un calentamiento gradual, a un estirado controlado a velocidad de elongación constante y a temperatura controlada.

En la práctica, las fibras adelgazadas pueden ser utilizadas en dispositivos tales como filtros y sensores. Son útiles también para ayudarnos en la comprensión del adelgazamiento por fusión utilizado para fabricar los acopladores, pues los procesos que se siguen en ambos casos son casi idénticos. Cuando la fibra óptica es adelgazada, el núcleo en la región del cuello no juega más un papel significativo en la conducción de la luz. Al igual que en los acopladores fusionados, el vidrio que queda después de adelgazar la fibra desempeña el papel de núcleo y el medio que lo rodea el de revestimiento (ver figura 6). En algunos casos, para elongaciones lo suficientemente grandes, es posible obtener comportamientos oscilatorios de potencia similares a los que se observan en acopladores.

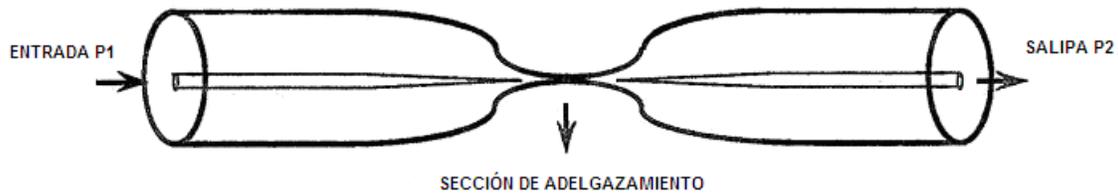


Figura 6. Representación esquemática de una sola fibra óptica adelgazada.

El estudio experimental y teórico sobre fibras elongadas ha permitido determinar que si el declive del adelgazamiento es suave (llamado también proceso adiabático), entonces, después de que la luz viaja por la sección adelgazada, ésta es casi totalmente recapturada por el núcleo original de la fibra [2]. Esto implica que, a pesar de la elongación y del cambio en la estructura de la guía de onda, las pérdidas que experimentará la luz al pasar por estos dispositivos pueden llegar a ser casi nulas. La elongación adiabática en los acopladores permite obtener dispositivos con pérdidas mínimas, garantizando que la única transferencia de potencia se lleve a cabo entre las fibras ópticas y no hacia el medio exterior. Como veremos más adelante, la obtención de un proceso adiabático requiere de ajustes en los parámetros de elongación de las fibras ópticas.

2.4.-ACOPLADORES FUSIONADOS SOBRE-ACOPLADOS.

Como se mencionó anteriormente, los acopladores fusionados son fabricados colocando dos fibras en contacto, calentándolas y estirándolas hasta que ambas forman una sola estructura en la región de acoplamiento. El monitoreo de la potencia en cada una de las fibras permite determinar el momento en el que se llega al punto de 3 dB, o bien, el punto de transferencia completa de potencia entre una fibra y otra. Si el proceso continúa más allá de este punto, la potencia óptica que viaja ahora en la segunda fibra vuelve a acoplarse a la primera fibra óptica hasta llegar a las condiciones bajo las cuales se inició el proceso. Esto ocurre de manera periódica, de forma muy similar a como se observa en guías de onda planas. Sin embargo, la sección transversal de las fibras no se mantiene constante durante este proceso de elongación, lo que afecta la periodicidad del fenómeno de transferencia de potencia.

Los acopladores que presentan varios ciclos de transferencia de potencia entre las fibras se conocen como acopladores sobre-acoplados. Si el control del proceso de fabricación es adecuado, es relativamente sencillo jalar las fibras más allá del punto de los 3 dB manteniendo las pérdidas lo suficientemente bajas durante muchos ciclos de acoplamiento. Estos acopladores sobre-acoplados pueden fabricarse utilizando una técnica de barrido de flama, en la que como su nombre lo indica, se requiere barrer la flama de manera simultánea al proceso de elongación [2].

Las características de transferencia de potencia en función de la elongación para un acoplador sobre-acoplado se muestran en la figura 3. En ésta pueden verse claramente los diferentes ciclos de transferencia alcanzados al continuar jalando las fibras ópticas más allá del punto de 3 dB. Como puede verse, la transferencia de potencia se alcanza más rápidamente a medida que la región de acoplamiento se hace más delgada. Esto se debe a la mayor interacción entre los modos de la estructura, sobre todo por la reducción en la sección transversal de la región de acoplamiento. Otro punto importante puede notarse si consideramos que, en los dispositivos con sobre-acoplamiento, la transferencia de potencia completa puede lograrse con elongaciones extremadamente pequeñas. Si recordamos que estas características de transferencia de potencia dependen del medio que rodea a la región de acoplamiento, es fácil entender que cualquier cambio en el medio generará también un cambio en las características del acoplador. Estas características hacen a los acopladores sobre-acoplados muy atractivos para el desarrollo de sensores de índice de refracción: la parte sensora es justamente la región de acoplamiento, en donde puede observarse el cambio de índice en el medio. La sensibilidad de estos dispositivos puede ajustarse, pues mientras más ciclos de transferencia se alcancen, será más fácil detectar cambios pequeños en el índice del medio.

Las propiedades espectrales del acoplador sobre-acoplado son también interesantes para varias aplicaciones [4]. Como se mencionó anteriormente, la transferencia de potencia en los acopladores comunes puede alcanzarse tanto a una longitud de onda determinada como para anchos espectrales amplios. En contraste, los acopladores sobre-acoplados pueden generar espectros de transmisión similares a los de filtros con múltiples bandas de pasos. El incremento en el número de ciclos aumenta el número de longitudes de onda que

pueden separarse entre ambas fibras ópticas, permitiendo así implementar multiplexores por longitud de onda. Estas características se ilustrarán en secciones posteriores, en donde se analiza el desempeño de la máquina utilizada y los acopladores fabricados con ella.

3.- ESTACIÓN DE TRABAJO PARA FABRICAR ACOPLADORES FUSIONADOS.

En esta sección se incluye una descripción general de la estación de trabajo OC-2010. Las especificaciones y características técnicas a detalle de la máquina pueden consultarse en el apéndice 3, que incluye el manual de operación proporcionado por el fabricante.

3.1.-CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESTACIÓN OC2010.

La estación de trabajo para fabricación de acopladores de fibra óptica monomodo estándar SMF28 se compone de:

- 1- Una antorcha con flujo de gas controlable con la cual se lleva a cabo el efecto térmico para la fundición de las fibras ópticas monomodo.
- 2- Rieles motorizados para colocar y tirar de las fibras monomodo durante el proceso de acoplamiento.
- 3- Motor para encapsulado que realiza el ajuste previo al encapsulado del acoplador.
- 4- Dos detectores de potencia óptica (CH1 y CH2) que se encargan de medir la potencia a la salida del acoplador en ambas fibras ópticas monomodo.
- 5- Software para manejo y control de la máquina.
- 6- Líneas de hidrogeno para la alimentación de la antorcha.
- 7- Una bomba de vacío mediante la cual se realiza la sujeción de las fibras ópticas monomodo a los rieles motorizados.

En la siguiente figura se puede observar los elementos que componen la estación de trabajo para la fabricación de acopladores fusionados de 3 dB.

El proceso de fabricación de acopladores con el sistema OC2010 requiere de una señal (haz de luz) que será transmitida mediante una de las dos fibras ópticas a uno de los fotodetectores localizado en la estación acopladora (CH1), la otra fibra óptica se coloca en el otro detector (CH2) para tener el registro de la potencia transmitida a través de las dos fibras. Una vez seleccionados los parámetros de fabricación iniciales (velocidad de elongación, la altura de la antorcha, el flujo de la flama y la longitud de elongación) las

fibras se colocan y ajustan a los rieles sujetadores con ayuda de un sistema de vacío para ser fundidas con la antorcha. Al mismo tiempo que se lleva a cabo el calentamiento y la elongación, con ayuda del software se observa la potencia óptica en las dos fibras, y pueden calcularse las pérdidas de potencia existentes en el proceso de fabricación del acoplador. Al final, todos los parámetros característicos del acoplador se presentan en una gráfica que contiene las 3 curvas representativas del proceso: los cambios en la potencia óptica en la fibra 1 y en la fibra 2 en función de la longitud de elongación, así como las pérdidas registradas durante el proceso de fabricación.

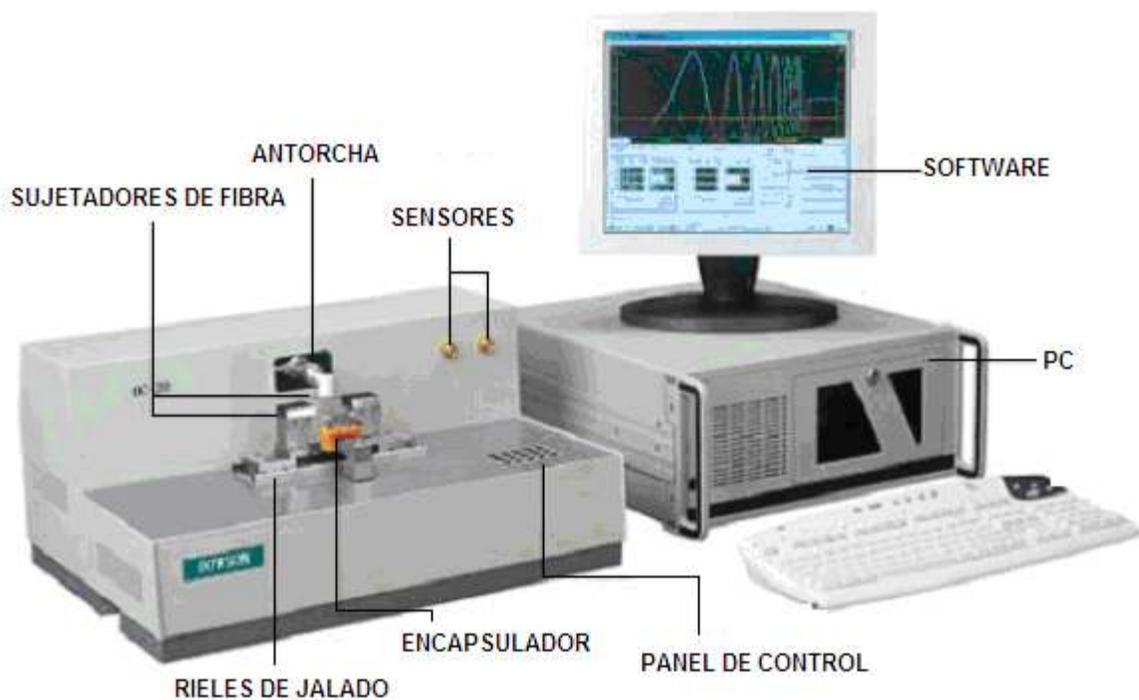


Figura 7 Estación para fabricación de los acopladores de fibra óptica [5].

3.2.- INSTALACIÓN DE LA ESTACION DE TRABAJO.

Para instalar la máquina acopladora se debe tener en consideración que el sistema OC-2010 necesita una corriente alterna de 220VAC/50Hz, y una conexión de tierra confiable (ver figura 8). Para satisfacer este requerimiento, se realizaron adecuaciones eléctricas en el laboratorio, tanto para la estación acopladora como para la bomba de vacío.

Dentro del acondicionamiento requerido en el laboratorio para la instalación de la máquina, se instalaron también las líneas de hidrógeno para abastecer la antorcha de la

estación acopladora. Esta tubería de acero inoxidable conecta el tanque de hidrógeno, colocado en el exterior del edificio, con la estación de trabajo. Es importante mencionar que esta adecuación es la más importante, pues es indispensable cumplir con las medidas de seguridad adecuadas cuando se manejan gases altamente explosivos como el hidrógeno.

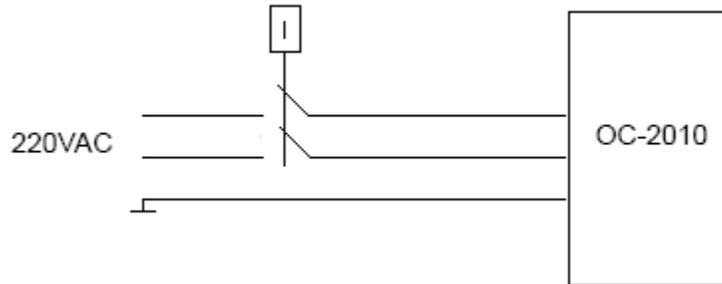


Figura 8 Conexión eléctrica de la estación acopladora [5].

3.3.- AJUSTES PRELIMINARES DE LOS PARÁMETROS DE OPERACIÓN.

Los ajustes de los parámetros de fabricación, y todos los acopladores que se fabricaron para este trabajo se realizaron utilizando fibra óptica monomodal. La fibra óptica utilizada es fabricada por Corning, y es de uso estándar para aplicaciones de telecomunicaciones. Las características de esta fibra óptica conocida como SMF-28 pueden consultarse en el apéndice 2.

Para establecer los parámetros más adecuados en el proceso de fabricación, se elongaron varias fibras ópticas y posteriormente se observó en el microscopio la geometría de la fibra adelgazada. El objetivo de estos ajustes previos a la fabricación de acopladores, fue adelgazar las fibras ópticas de una manera repetible generando pérdidas de transmisión mínimas. En los experimentos se realizaron diferentes ajustes en la variación del flujo de hidrógeno, la velocidad de desplazamiento de los rieles que tiran de la fibra óptica, en el desplazamiento (barrido horizontal) y en la altura de la antorcha (posición vertical con respecto a la fibra óptica).

Los parámetros iniciales para fabricar acopladores fueron elegidos de acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de elongación de fibras, éstos son: velocidad de elongación de las fibras 0.250 [mm/s], flujo de hidrógeno en la antorcha 250 [ssc], altura de

la antorcha sobre las fibras 3 [mm], velocidad de barrido de la antorcha 5 [mm/s] y longitud de barrido de la antorcha 6 [mm]). Esencialmente, los parámetros que se consideraron adecuados fueron aquellos que generaron un adelgazamiento suave y bicónico en la fibra. Este tipo de elongación es el que genera pérdidas mínimas en la transmisión de luz a través de fibras adelgazadas, dichas pérdidas son en promedio de 0.221 dB. En la figura 9 se muestra una fibra óptica adelgazada en la estación acopladora del laboratorio y fotografiada con una cámara conectada a la lente de un microscopio.



Figura 9 Fotografía de fibra óptica monomodo adelgazada en la estación acopladora del laboratorio.

El ajuste en los parámetros de operación de la máquina permite variar la región de calentamiento de las fibras (en dimensión y temperatura) que es en donde se genera la región de acoplamiento. Esto a su vez permite controlar parámetros fundamentales del acoplador tales como la geometría de la región de acoplamiento, la variación del radio de la sección de acoplamiento (sección del cuello del acoplador) y la longitud del acoplador. Como veremos más adelante, todas estas características determinan las propiedades espectrales del acoplador.

4.- RESULTADOS.

4.1.-PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR ACOPLADORES FUSIONADOS.

En esta sección se mencionarán las generalidades del proceso de fabricación de los acopladores y sus características típicas. Una descripción más detallada puede consultarse en el apéndice 1 o bien, en la versión original del manual de la maquina.

A partir de este punto, los resultados y graficas mostradas fueron obtenidas en el laboratorio durante el proceso de fabricación de acopladores. Es importante hacer notar que el manual original de la máquina, no proporciona valores para los parámetros que pueden ajustarse durante el proceso de fabricación. De esta manera, todos los resultados mostrados en esta sección fueron obtenidos en el laboratorio mediante el ajuste adecuado de estos parámetros.

Por otro lado es relevante mencionar que dicho trabajo fue realizado con fibras ópticas monomodo estándar SMF28; cuyas características y especificaciones técnicas se pueden observar a detalle en el apéndice 2.

El primer paso para fabricar los acopladores fusionados es colocar las fibras en los fotodetectores y en el extremo opuesto de una de ellas (a la cual llamaremos fibra 1) acoplar una fuente de luz que proporcione la potencia óptica necesaria durante el proceso. Posteriormente, se retira el recubrimiento plástico de ambas fibras en la zona donde se realiza el acoplamiento; las fibras se colocan después en los rieles sujetadores y mediante la bomba de vacío se mantienen juntas durante el proceso de fabricación. Un aspecto importante que debe cuidarse durante el proceso es la limpieza de las fibras. Antes de colocarlas en los rieles, la sección de las fibras en la que se ha removido el recubrimiento debe limpiarse cuidadosamente con metanol y acetona. Una vez limpias, debe tenerse cuidado en no contaminar esta sección con polvo o grasa, pues esto generará pérdidas en el acoplador. Finalmente se comienza la elongación y el calentamiento de ambas fibras hasta que se logre la fusión; el acoplamiento entre las fibras puede observarse en la computadora, que muestra en tiempo real las gráficas de transferencia de potencia entre las fibras.

Los parámetros utilizados para fabricar acopladores fueron los que se obtuvieron durante la fabricación de fibras elongadas. Inicialmente se utilizó una fuente de luz de espectro amplio (un LED), con un rango espectral que cubre desde los 1450 hasta los 1600 nm. En la figura 10, podemos observar las características del acoplamiento de potencia entre las fibras ópticas durante la fabricación del acoplador. La gráfica en color verde representa la potencia en la fibra uno, la gráfica en color azul la potencia en la fibra dos y la gráfica de color rojo las pérdidas de potencia. La curva de color morado representa la razón de acoplamiento real instantánea que se obtiene durante la elongación de las fibras. Nótese que en este caso el proceso se detuvo al obtenerse un acoplamiento ligeramente mayor a 50% entre ambas fibras. Esta gráfica representa entonces una curva típica para un acoplador de 3 dB.

En la gráfica de la figura 10 podemos observar que la potencia es máxima en la fibra 1 (curva verde) al principio del proceso. Por su parte, la potencia en la fibra 2 (curva azul) parte de cero, y cuando la luz comienza a acoplarse, la potencia en la fibra uno empieza a disminuir y en la fibra dos comienza a aumentar. Cuando estas curvas se juntan por primera vez se llega al punto de 3dB; es decir, se tiene el 50% de la energía en ambas fibras. Éste es el proceso típico de fabricación para este tipo de acopladores, y las longitudes de elongación requeridas dependen del material de las fibras ópticas utilizadas. En este caso, se utilizó fibra monomodal estándar y la longitud de elongación de las fibras para alcanzar el punto de 3 dB fue de 13.39 mm; el tamaño del acoplador resultante es de aproximadamente 2 cm. Como puede apreciarse en la figura, la curva de color rojo indica que el dispositivo presenta pérdidas de aproximadamente 0.19 dB.



Figura 10 Gráfica de un acoplador fusionado de banda ancha de 3 dB. Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación.

Con el analizador de espectros ópticos se observaron las propiedades espectrales de los acopladores. Un ejemplo típico de la transmisión a través de uno de estos dispositivos se muestra en la figura 11. Para esta caracterización se utilizó un LED acoplado a una de las fibras, y el espectro de transmisión fue registrado a la salida de cada una de las fibras. En color gris se muestra el espectro del LED, y en color verde y azul el espectro de la luz a la salida de la fibra uno y dos, respectivamente.

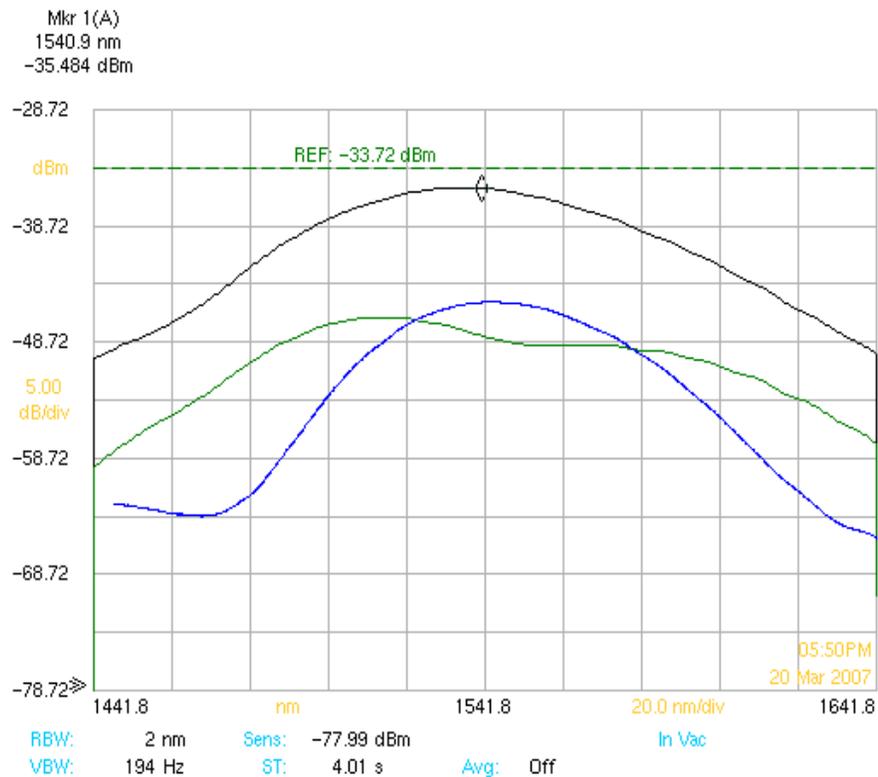


Figura 11 Curva espectral de un acoplador fusionado de 3 dB.

A partir del espectro de transmisión podemos ver que existe un acoplamiento entre las dos fibras. Esto puede reconocerse por las intersecciones que existen entre las líneas de color verde y azul; la región delimitada por estas intersecciones indica todas las longitudes de onda a las cuales el dispositivo puede realizar el acoplamiento entre ambas fibras. En este caso, la región espectral de acoplamiento comprende un poco más de 40 nm. Un punto importante es que para este caso se utilizó una fuente de luz con espectro amplio, y por tal motivo, el dispositivo es un acoplador de banda ancha. Este aspecto es importante y debe tomarse en cuenta durante el proceso de fabricación: para acopladores de banda ancha se requiere de una fuente de luz con un ancho espectral adecuado, mientras que para acopladores selectivos en longitud de onda es necesario utilizar una fuente de luz láser. Esto se debe a que el proceso de fabricación involucra únicamente el monitoreo de la potencia que se transfiere entre las fibras, sin importar la longitud de onda de la fuente de luz utilizada. De esta manera, para fabricar dispositivos selectivos en longitud de onda

(WDMs, o acopladores con sobre-acoplamiento) es necesario utilizar fuentes de luz láser con el ancho espectral y la longitud de onda adecuada.

Para fabricar acopladores sobre-acoplados se utilizó una fibra láser sintonizable en el rango de 1535 a 1565 nm, con un ancho espectral de aproximadamente 0.12 nm.

Las características de la transferencia de potencia entre ambas fibras durante el proceso de fabricación de uno de estos dispositivos se muestran en la figura 12. Las curvas de transferencia de potencia obtenidas para este dispositivo son típicas de un acoplador sobre-acoplado. Como puede verse, la transferencia de potencia ocurre varias veces durante el proceso de fabricación. Esto se debe a que la elongación de las fibras continúa más allá del punto de 3 dB. Otra característica importante que puede verse en la figura es el comportamiento de la envolvente de la amplitud de las curvas: ésta presenta también un comportamiento periódico. Esto se debe a fenómenos de polarización que se presentan en la región de acoplamiento y no serán discutidos en este trabajo.

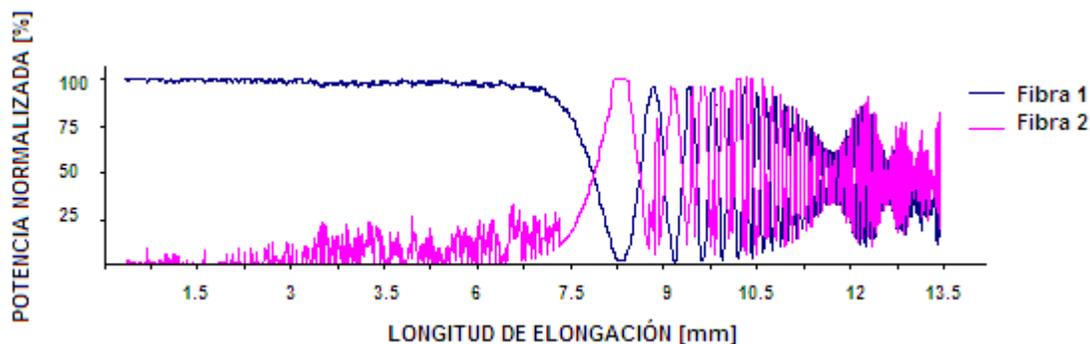


Figura 12 Grafica representativa de un acoplador fusionado de 3 dB utilizando una fuente de luz laser.

Los acopladores sobre-acoplados presentan una transmisión espectral angosta, que como veremos posteriormente, depende del número de ciclos de transferencia de potencia alcanzados durante su fabricación. La figura 13 muestra el espectro de transmisión de un acoplador con más de 100 ciclos de transferencia de potencia. Al igual que para el acoplador de banda ancha, el espectro se obtuvo con un LED y el analizador de espectros ópticos. Nótese que para el mismo rango espectral mostrado anteriormente (1400 nm a 1700 nm) existen ahora más regiones espectrales de acoplamiento. En este caso, existen más de seis zonas espectrales de acoplamiento.

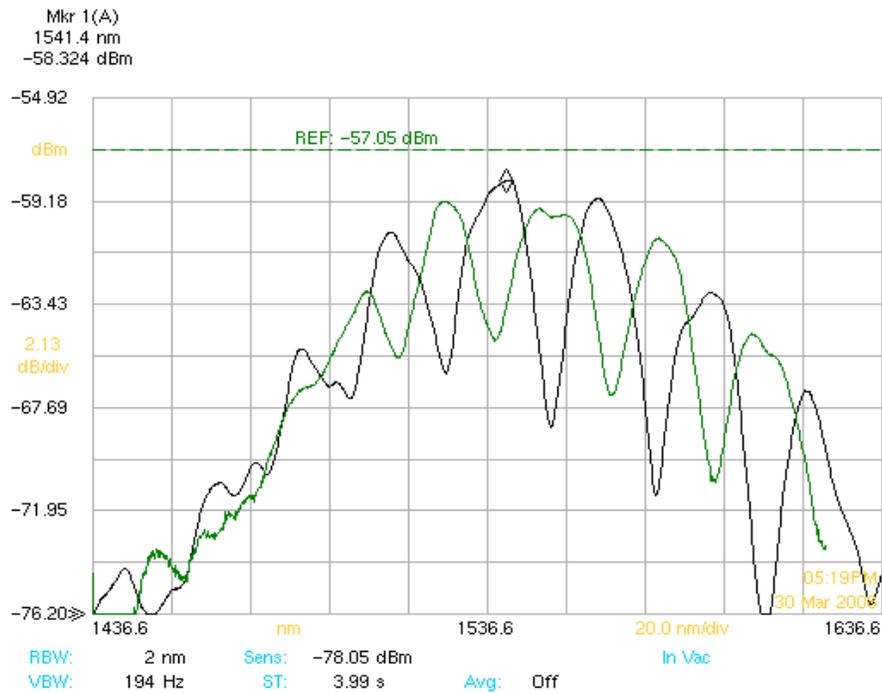


Figura 13 Curva espectral de un acoplador sobre-acoplado.

4.2.- CARACTERÍSTICAS DE TRANSFERENCIA DE POTENCIA EN FUNCIÓN DE LONGITUD DE ELONGACIÓN.

La longitud de elongación determina las características de acoplamiento entre las fibras ópticas y establece las dimensiones físicas de la sección del cuello del acoplador. Como hemos visto en la sección anterior, la transferencia de potencia entre las fibras del acoplador es más frecuente a medida que la longitud de elongación aumenta. Esto se debe a que el cuello del acoplador se hace más angosto y las condiciones de acoplamiento entre los modos de esta nueva guía de onda son diferentes a las que presenta la fibra óptica con sus dimensiones originales.

En la figura 14, puede observarse la curva de transferencia de potencia en función de la longitud de elongación más allá del primer cruce por 3 dB. Es claro que a medida que el proceso avanza, la transferencia de energía ocurre para longitudes de elongación menores. Nótese también que el punto de 3 dB ocurre varias veces durante el proceso de elongación, lo cual implica que puede fabricarse un acoplador de 3 dB sobre-acoplado.

Como se observó en la sección anterior, la diferencia entre un dispositivo de este tipo y uno fabricado con un solo cruce por el punto de 3 dB es el espectro de transmisión.

Otro aspecto importante referente a la longitud de elongación es la sensibilidad del acoplador a los cambios en el índice de refracción del medio externo. A medida que el cuello del acoplador se hace más angosto, la onda de luz queda más expuesta al medio externo en esta región del dispositivo. Como vimos en la sección correspondiente, el coeficiente de acoplamiento depende del índice de refracción del medio externo y las dimensiones de la guía de onda, y es por esta razón que los acopladores con un número mayor de ciclos de transferencia son más sensibles a cambios en el medio que rodea a la sección de acoplamiento.

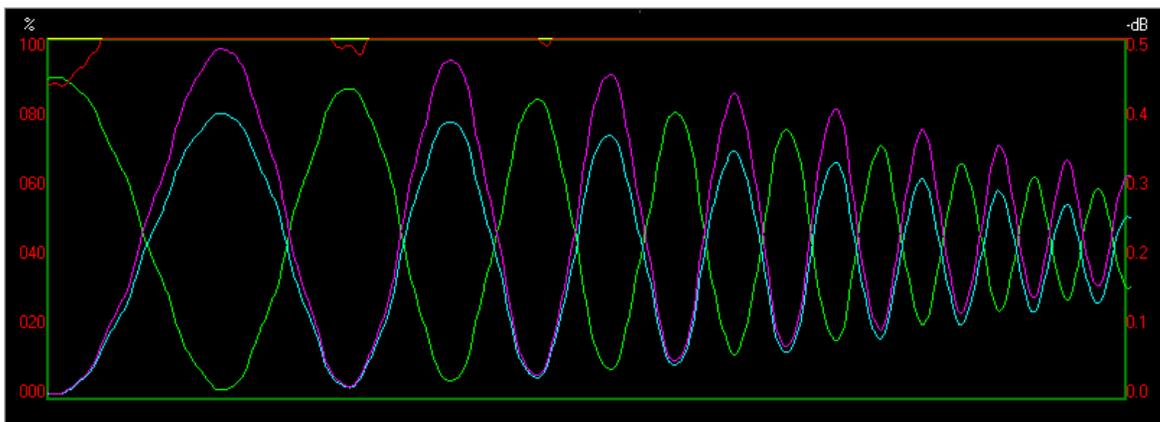


Figura 14 Grafica de un acoplador fusionado de 3 dB. Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación.

En la figura 15 se muestra el final del proceso de elongación. Al final de esta etapa, el acoplador está tan angosto que ya no hay transferencia de energía entre las fibras. La longitud de elongación a la cual se presenta este comportamiento depende de la geometría de las fibras y de los parámetros de fabricación utilizados en la máquina.

Si la elongación continúa mucho más allá de este punto, la sección del cuello del acoplador se rompe y los detectores indicarán que no hay recepción de potencia óptica en ninguna de las fibras. Mediante ajustes en los parámetros de fabricación, debe ser posible lograr acopladores con un mayor número de ciclos de transferencia. De manera general, se puede mencionar que para lograr esto se requiere ajustar la zona de calentamiento en el

proceso de fabricación, lo cual implica buscar los parámetros adecuados para el flujo de hidrógeno, la posición y la velocidad de barrido de la flama.

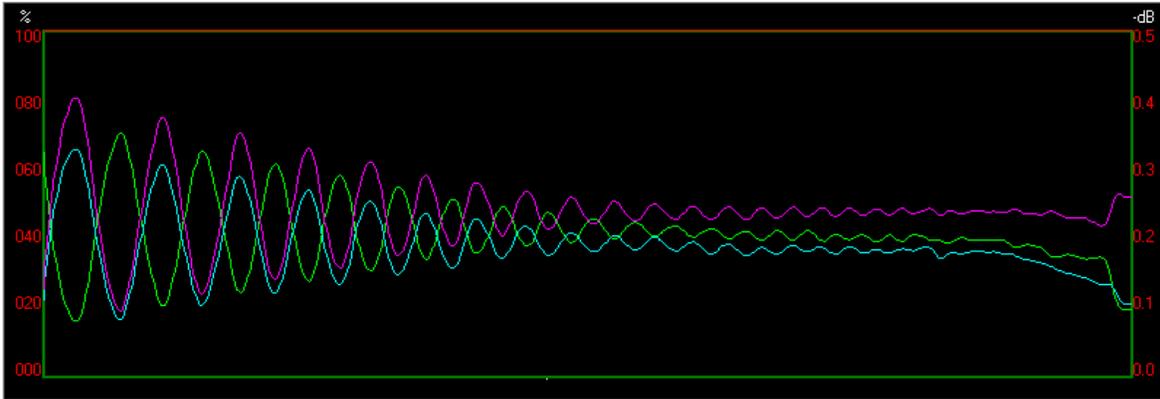


Figura 15 Grafica del proceso de elongación de un acoplador fusionado de 3 dB. Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación.

4.3.- CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES DE ALGUNOS ACOPLADORES FUSIONADOS.

Para analizar el sobre-acoplamiento de los acopladores fabricados, se estudiaron las características espectrales de tres tipos de acopladores. La diferencia entre estos dispositivos es el número de veces que la envolvente de las curvas de transferencia de potencia se cierra a un valor cercano al 50%. De manera arbitraria, se definieron estas zonas como lóbulos, y dentro de cada una de ellas se presentan varios ciclos de acoplamiento (ver figura 16).

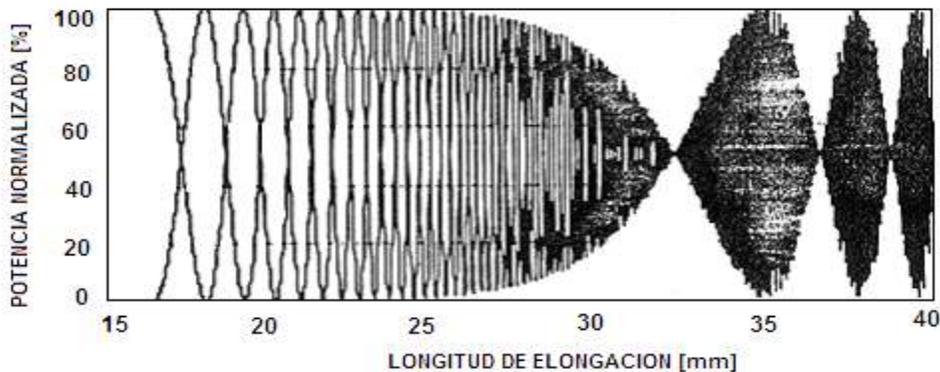


Figura 16. Grafica de un acoplador sobre acoplado. Dentro de cada lóbulo (envolvente de las curvas) se presentan varios ciclos de transferencia de potencia entre las fibras ópticas [2].

Los acopladores fabricados y utilizados para este análisis experimental tienen uno, dos y tres lóbulos, y sus características de transferencia de potencia y transmisión espectral se muestran en las figuras 17 a 19. El espectro de transmisión de cada uno de los acopladores se obtuvo con un LED y el analizador de espectros ópticos. En las figuras se logra observar la influencia de la longitud de jalado en la transmisión del acoplador: para un acoplador de un lóbulo (figuras 17 (a) y 17 (b)), podemos ver que el acoplamiento entre fibras ocurre a lo largo de todo el espectro de transmisión del dispositivo y de hecho es difícil distinguir las dos curvas de transmisión para cada una de las fibras de salida. A medida que aumenta el número de lóbulos, el acoplador comienza a presentar bandas de transmisión dentro del rango espectral analizado.

Nótese que las bandas de transmisión se hacen más angostas cuando la longitud de elongación es más grande (figuras 18 (a), 18 (b), 19 (a) y 19 (b)).

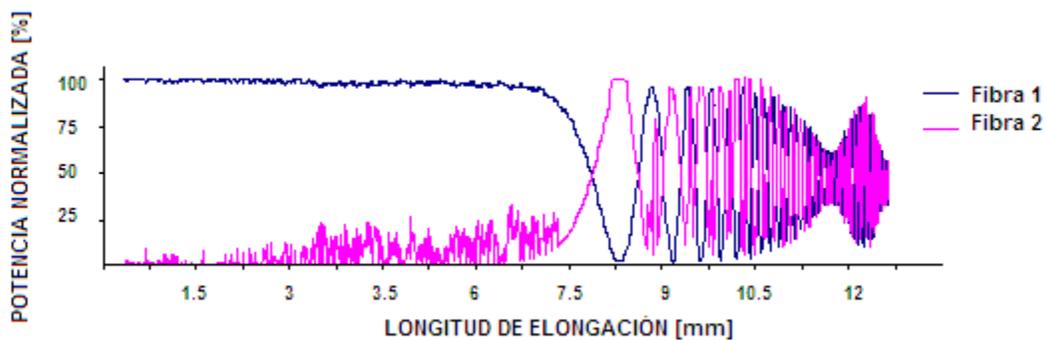


Figura 17 (a) Grafica de un acoplador sobre acoplado de 3 dB de un lóbulo.

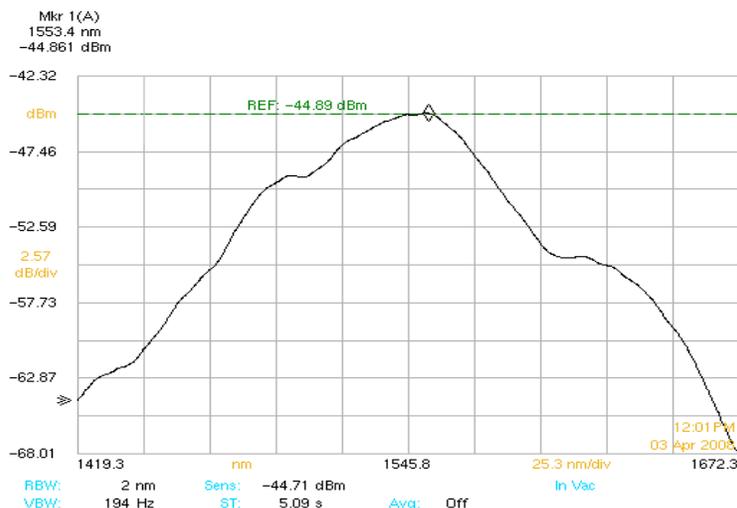


Figura 17 (b) Curva de transferencia de potencia y transmisión espectral para un acoplador de un lóbulo.

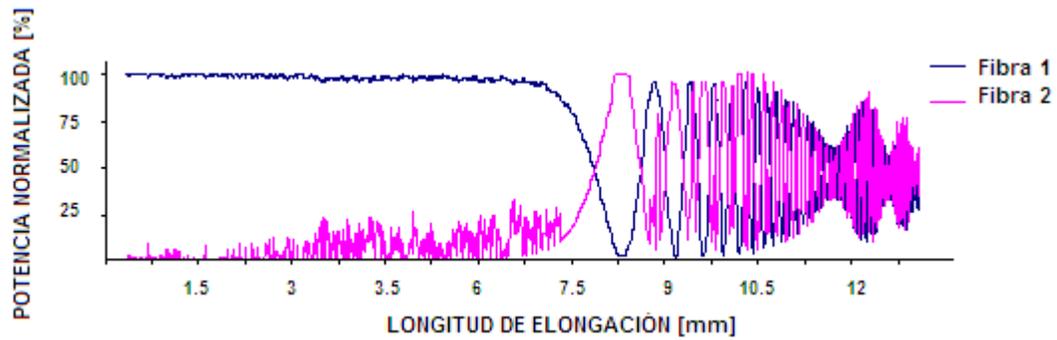


Figura 18(a) Grafica de un acoplador sobre acoplado de 3 dB de dos lóbulos.

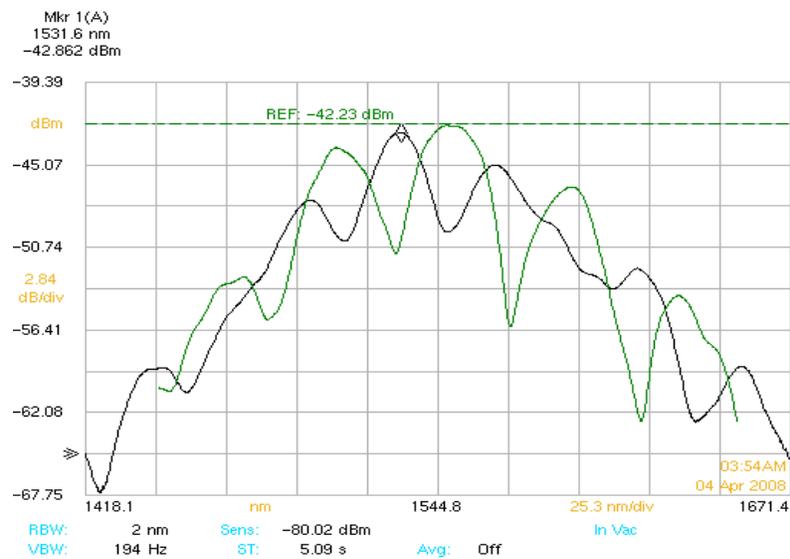


Figura 18 (b) Curva de transferencia de potencia y transmisión espectral para un acoplador de dos lóbulos.

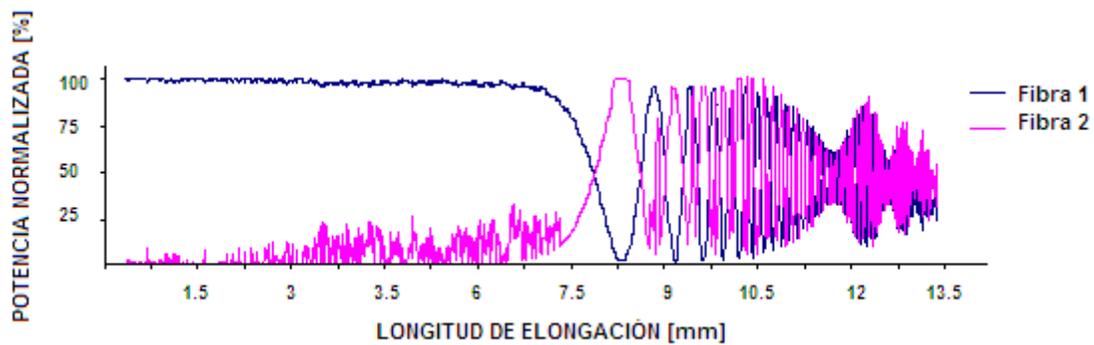


Figura 19 (a) Grafica de un acoplador sobre acoplado de 3 dB de tres lóbulos.

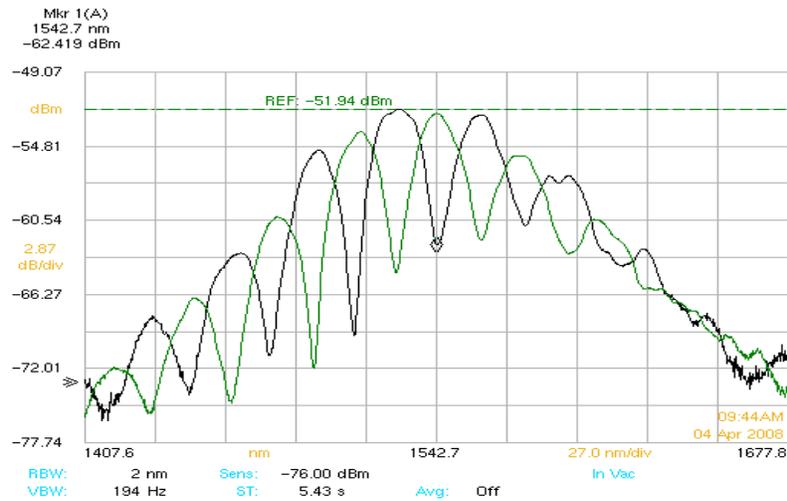


Figura 19 (b) Curva de transferencia de potencia y transmisión espectral para un acoplador de tres lóbulos.

Los resultados obtenidos muestran la tendencia esperada para este tipo de acopladores e indican que el proceso de fabricación es aceptable. Para cada tipo de acoplador (uno, dos y tres lóbulos) se fabricaron más de dos dispositivos y en todos los casos las características espectrales y de transferencia de potencia fueron muy similares.

Esto indica que el ajuste y selección de parámetros para la fabricación de los acopladores son adecuados para fabricar este tipo de dispositivos de manera repetible.

5.- CONCLUSIONES.

Para el desarrollo de este trabajo se instaló y se puso en marcha una estación de trabajo para fabricar acopladores de fibra óptica. La calibración de la máquina se realizó mediante la fabricación de fibras adelgazadas y, posteriormente, fabricando acopladores con distintas características. Este proceso de calibración se llevó a cabo utilizando fibras ópticas monomodales estándar y permitió determinar los parámetros de fabricación adecuados para la fabricación de acopladores sobre acoplados con distintos coeficientes de acoplamiento y con pérdidas ópticas bajas. Los acopladores fabricados muestran características repetibles, lo cual implica que los parámetros seleccionados y ajustes realizados son adecuados para las condiciones experimentales en las que se desarrolló el trabajo.

Las actividades que realicé durante mi servicio social fueron:

- 1.- Instalación de software y hardware de la estación para fabricar acopladores.
- 2.- Ajuste de parámetros de fabricación (velocidad de elongación, flujo de gas, posicionamiento de la flama, etc.) para obtener fibras adelgazadas con pérdidas bajas.
- 3.- Calibración de parámetros de fabricación para acopladores de 3dB.
- 4.- Caracterización espectral de los acopladores fabricados en el laboratorio.
- 5.- Elaboración del manual de operación de la estación de trabajo (apéndice 1).

Durante el proceso de calibración de la estación fue posible corroborar experimentalmente como se ve afectado el proceso de acoplamiento al variar cada uno de los diferentes parámetros involucrados en el proceso. Los parámetros más importantes son la longitud y velocidad de elongación, el flujo de gas y el barrido de la antorcha. El ajuste de estos parámetros permite realizar un adelgazamiento adiabático de las fibras, lo cual es fundamental para fabricar acopladores con pérdidas bajas. Los parámetros encontrados permiten fabricar acopladores con distintos grados de acoplamiento y con pérdidas lo suficientemente bajas como para que estos dispositivos puedan utilizarse en los proyectos de investigación que se desarrollan en el laboratorio.

Además de fabricar los acopladores, se llevó a cabo la caracterización espectral de estos dispositivos. Con la ayuda del analizador de espectros se observó que el ancho de banda característico en cada uno de los acopladores determina la sensibilidad del dispositivo a la longitud de onda. Mientras el ancho de banda del acoplador sea mayor la selectividad es menor, lo cual se puede observar claramente en las figuras 17, 18 y 19. Comparando las características espectrales de las regiones de operación de estos acopladores sobre-acoplados, se concluye que a mayor número de lóbulos (mayor número de ciclos de transferencia de potencia) mayor será la selectividad en longitud de onda.

Otro punto importante que cabe destacar es la selección de la fuente de luz que se utiliza en el proceso de fabricación. Dado que los fotodetectores no discriminan la longitud de onda de la fuente de luz, las gráficas de transferencia de potencia representan el acoplamiento entre fibras a la longitud de onda de la fuente utilizada. En este trabajo inicialmente se utilizó una fuente de luz de espectro amplio (un LED) con un rango espectral de 1400nm a 1700nm. Esta fuente se utilizó para fabricar acopladores de banda ancha, en los que el acoplamiento ocurre a lo largo de un ancho espectral amplio. Típicamente, los acopladores fabricados con esta fuente de luz pueden acoplar luz en un rango espectral cercano a los 40 nm.

Para fabricar acopladores sobre-acoplados se utilizó como fuente de luz una fibra óptica laser sintonizable, con un ancho espectral de aproximadamente 0.12 nm. Todos los dispositivos fabricados se basaron en el uso de fibra monomodal estándar SMF-28. De esta manera los resultados presentados son válidos únicamente para este tipo de fibra. Esto implica que el uso de fibras ópticas con distintas características a las de la SMF-28, requiere de un proceso de ajuste de parámetros. Nótese que la optimización de operación de la máquina se basó en fibras de SiO_2 , y el uso de otro tipo de fibras requiere también una evaluación detallada de sus características.

Los acopladores fabricados presentan una región espectral de acoplamiento mucho más angosta que la que se observa en los acopladores de banda ancha. Fue posible también

fabricar dispositivos sobre-acoplados con más de 100 ciclos de transferencia de potencia de las dos fibras. Finalmente, se estudiaron de manera general las propiedades espectrales de distintos tipos de acopladores, lo cual resultó útil para validar el funcionamiento adecuado de la máquina y para verificar que el espectro de transmisión de estos dispositivos depende de la longitud de elongación total utilizada en el proceso de fabricación.

En resumen, el trabajo realizado ha sido fundamental para la puesta en marcha de la estación de trabajo para fabricar acopladores de fibra óptica. El proceso de calibración utilizado sirvió para determinar los parámetros más adecuados a utilizar durante el proceso de fabricación de acopladores utilizando fibras ópticas monomodales estándar. El presente documento sirve también como una primera versión de un manual de operación para esta máquina y podrá irse complementando con el trabajo que se realice en el futuro. De esta manera, se han sentado las bases para fabricar acopladores de fibra óptica, lo cual extiende las posibilidades para desarrollar trabajo de investigación en diferentes campos de aplicación en los que estos dispositivos son útiles.

6. - REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA.

- [1] J. Hecht, Understanding Fiber Optics, Prentice Hall, 2002.

- [2] M. Chen, Hihgly Overcoupled Optical Fiber Fused Tapered Couplers and their Applications, Tesis Doctoral, Brown University, 1995.

- [3] Baha E. A. Saleh y Malvin Carl Teich, Fundamentals of Photonics, John Wiley & Sons, Inc, 2001.

- [4] V. A. Kozlov, R. L. Shubochkin, A. Kotze, E. Wetjen, A. L. G. Carter, H. Kung, D. A. Brown, y T. F. Morse, Technique for continuous tuning of optical fiber lasers, Applied Optics, vol. 37, 1998.

- [5] OC-2010 Optical Coupler Manufacturing System Operational Manual, Shanghai Dowson Communication Co., Ltd., 2003.

APÉNDICE 1.

A1. Instalación del software.

El disco de instalación del programa de control para la estación OC2010 contiene 4 carpetas. La carpeta “Dowson” contiene los parámetros de operación utilizados por defecto. Se debe copiar este archivo en el disco duro de la computadora personal, con la siguiente ruta: `:/ C`. Una vez realizado este paso se podrá continuar con la instalación del software OC2010.

La carpeta "Driver" contiene los controladores para la tarjeta de control “8136m” y del puerto serial “NM9835M”. Es necesario realizar primero la instalación del software OC2010 y después se deberán instalar estos controladores, de lo contrario el sistema OC2010 no podrá funcionar correctamente.

Nota: Después de instalar el controlador "NM9835M", se deberán fijar COM1 y COM2 como los puertos de comunicación para el puerto serie Net Mos PCI.

En las dos carpetas restantes se encuentra el archivo ejecutable para realizar la instalación del software OC2010 (en una carpeta se encuentra la instalación en inglés y en la otra en chino) para realizar la instalación se deben seguir los pasos que se indican en el archivo ejecutable.

A2. Instalación de la máquina acopladora.

Para realizar la instalación de la máquina acopladora se debe tener en cuenta que el sistema OC-2010 se alimenta con corriente alterna de 220VAC/50Hz con una conexión de tierra confiable y que la presión del hidrógeno debe estar en el rango de 0.15 MPa - 0.2 MPa. El suministro externo de hidrógeno debe contar con una llave de seguridad para el control de flujo y que pueda ser controlada manualmente por el operador.

Se debe conectar la bomba de vacío externa con el tubo que se encuentra en la máquina acopladora y con la interfaz en la computadora, el contenedor externo de hidrógeno con la máquina acopladora y con la interfaz en la computadora, revisando que la conexión sea segura y bastante hermética.

A3. Manual de Operación para la Estación OC2010.

El proceso de fabricación de los acopladores es totalmente controlado por computadora, mediante el software OC2010 se manejan todos los motores con los que la máquina acopladora controla el proceso de fabricación. El programa inicia verificando las conexiones hechas entre la estación de trabajo y la PC; si la máquina acopladora se encuentra apagada, el programa señalará un error en la comunicación y el proceso se detendrá automáticamente (ver figura 20).

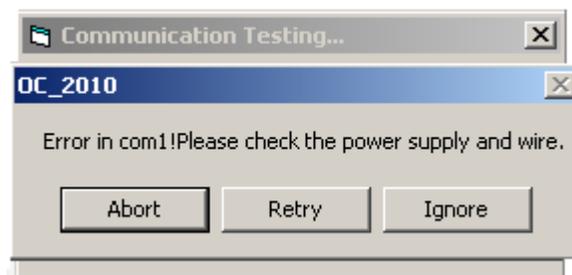


Figura 20 Pantalla indicadora de falla [5].

Cuando no hay errores de comunicación entre la PC y la OC2010, el programa continuará con el reconocimiento y comenzará a ajustar todos y cada uno de los 6 motores que controlan los elementos que componen la máquina acopladora. Esta etapa se hace con el fin de poner en los motores en la posición de arranque (puesta en “cero”).

Los motores controlan las funciones de ascenso y descenso de la antorcha, desplazamientos hacia la derecha e izquierda de la antorcha, desplazamiento de los rieles donde se colocan las fibras, el ascenso y descenso del riel que permite encapsular el acoplador una vez terminado el proceso.

Cuando finaliza el ajuste de los motores aparece la ventana principal del programa; en ésta se deben especificar los parámetros para la fabricación del acoplador. A

continuación se abre la llave del tanque de hidrógeno, se enciende la antorcha y se echa a andar el proceso.

Como accionar y cambiar los parámetros de fabricación y como comenzar a fabricar acopladores.

La pantalla principal del programa que controla el proceso de fabricación de los acopladores se muestra en la figura 21. Está compuesta por un plano cartesiano donde se situarán las gráficas representativas de cada experimento y debajo de este plano pueden especificarse los parámetros que aparecerán en la gráfica (potencia en cada una de las fibras, coeficiente de acoplamiento, etc.). Pueden también ajustarse los formatos de las gráficas especificando el despliegue del mallado (grid) y el ajuste de las curvas mediante “splines”. Las potencias normalizadas a la salida de cada una de las fibras se obtienen utilizando como referencia la potencia registrada en el canal 1. Esto implica que la fibra óptica 1 será siempre el puerto de entrada de la luz al acoplador.

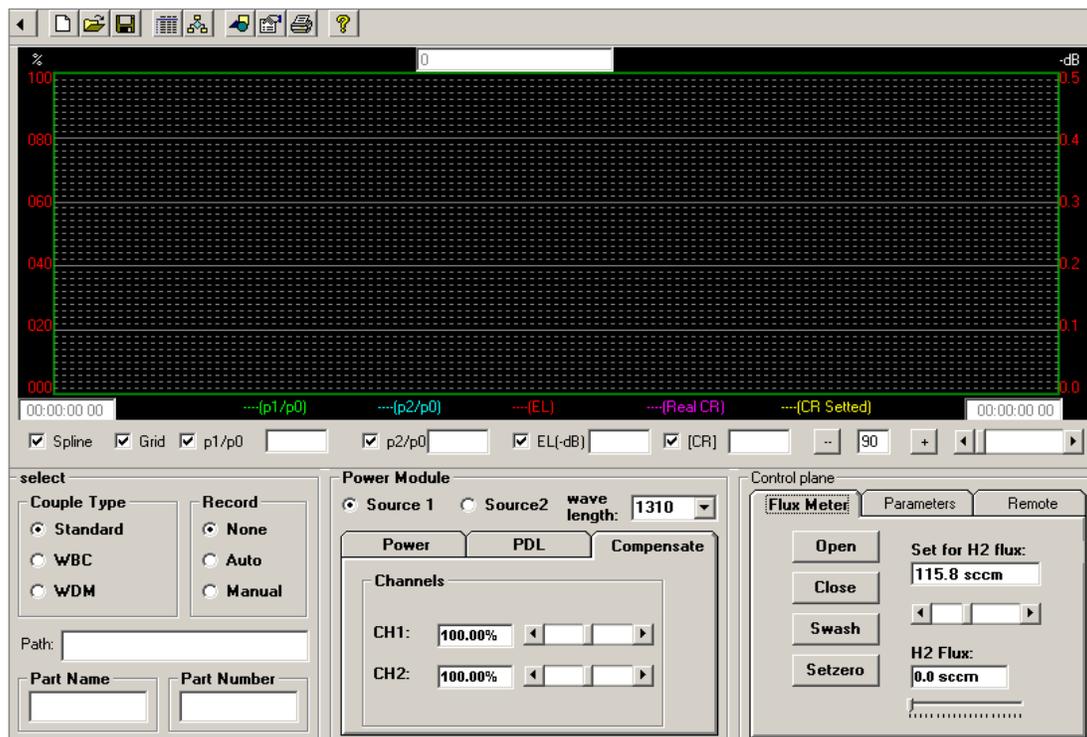


Figura 21 Pantalla principal del programa de la estación acopladora [5].

Cada curva representada en la gráfica está identificada por distintos colores y siempre se utiliza el canal 1 (fotodetector 1) como el canal de referencia. El color verde representa la curva de potencia normalizada en la fibra 1, el color azul corresponde a la potencia normalizada en la fibra 2, el color rojo indica las pérdidas de potencia que se obtienen durante el proceso, el color violeta nos indica el porcentaje de acoplamiento real que se obtiene en el proceso de acoplamiento y el color amarillo nos indica el porcentaje de acoplamiento deseado y definido inicialmente por el usuario.

La parte superior de la pantalla principal contiene también una barra de herramientas que permite realizar operaciones tales como abrir y guardar archivos con parámetros de fabricación previamente especificados, guardar algún experimento realizado, así mismo nos permite acceder a los parámetros característicos del experimento e imprimir las gráficas obtenidas durante el proceso de fabricación.

Así mismo permite cambiar manual o automáticamente los parámetros del acoplador que regulan la antorcha, los rieles donde se lleva a cabo la elongación y sujeción de las fibras, el mecanismo encapsulador del acoplador y finalmente permite poner en “cero” o “resetear” los motores de la estación de trabajo (ver figura 22).

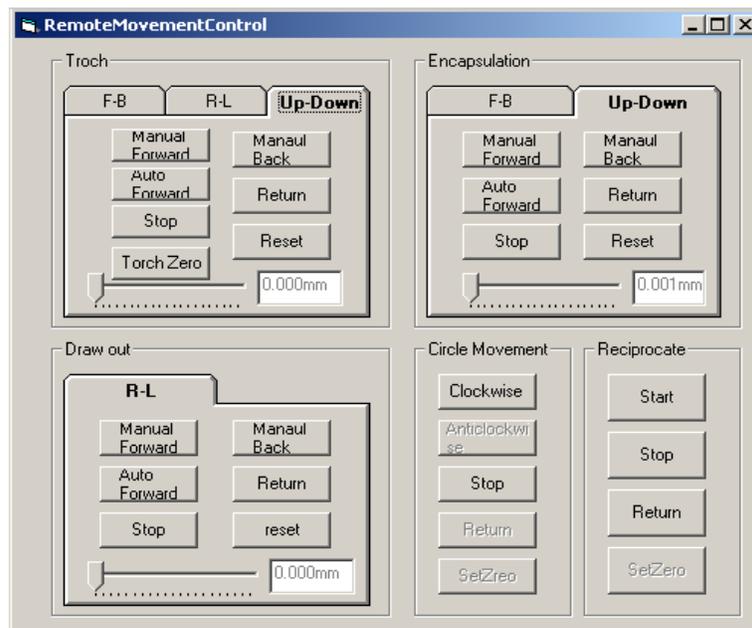
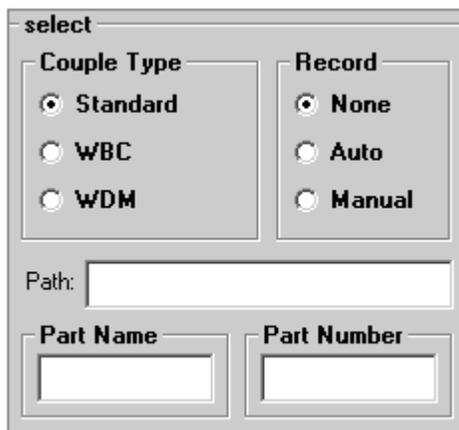


Figura 22 Comandos que permiten el movimiento manual de los motores [5].

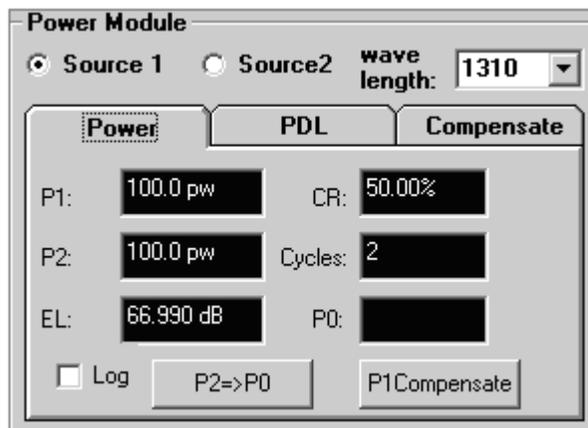
Cuenta con tres módulos, el primer módulo nos permite elegir el tipo de acoplamiento y la forma en que se quiere realizar (ver figura 23).



The screenshot shows a dialog box titled "select". It contains two columns of radio button options. The left column is labeled "Couple Type" and has three options: "Standard" (selected), "WBC", and "WDM". The right column is labeled "Record" and has three options: "None" (selected), "Auto", and "Manual". Below these columns is a "Path:" label followed by an empty text input field. At the bottom, there are two empty text input fields labeled "Part Name" and "Part Number".

Figura 23 Pantalla selectora del tipo de acoplador [5].

En la figura 24 se muestra el segundo módulo donde se manipula todo lo relativo a la potencia, nos indica la potencia a la entrada del sistema (P1), la cual debe estar en el rango de los μW y la potencia que se obtiene presentes en el acoplamiento (P2), las pérdidas de potencia durante el proceso (EL), el número de ciclos y el porcentaje de acoplamiento, el cual tiene un rango comprendido entre 0 y 99.99%.



The screenshot shows a dialog box titled "Power Module". At the top, there are two radio buttons: "Source 1" (selected) and "Source2". To the right is a "wave length:" label with a dropdown menu showing "1310". Below this is a tabbed interface with three tabs: "Power" (selected), "PDL", and "Compensate". Under the "Power" tab, there are three rows of input fields: "P1:" with "100.0 pw", "P2:" with "100.0 pw", and "EL:" with "66.990 dB". To the right of these are "CR:" with "50.00%", "Cycles:" with "2", and "P0:" with an empty field. At the bottom, there is a "Log" checkbox (unchecked) and three buttons: "P2=>P0" and "P1Compensate".

Figura 24 Pantalla selectora de potencia y porcentaje de acoplamiento [5].

En el tercer módulo se controlan los parámetros de la antorcha, está compuesto por tres pestañas, el medidor del flujo regula el flujo de hidrógeno, permite abrir y cerrar el

flujo que llega a la antorcha, elegir la cantidad de flujo de hidrógeno y limpiar la antorcha de cualquier residuo de hidrógeno almacenado (Swash) (ver figura 25).

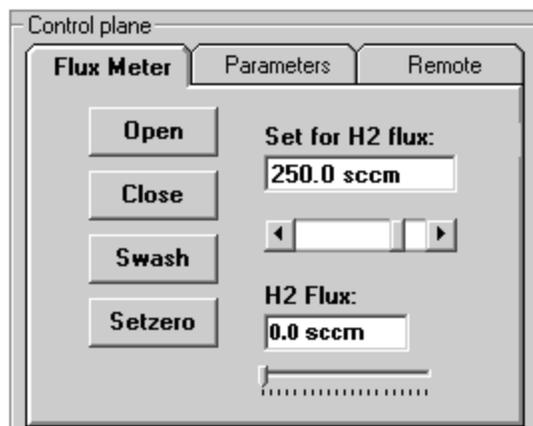


Figura 25 Pantalla selectora de los parámetros de la antorcha [5].

La figura 26 muestra la segunda pestaña que permite caracterizar el acoplador ajustar parámetros tales como la altura de la antorcha, la rapidez de jalado de la fibra óptica, el porcentaje de acoplamiento, el número de ciclos y la temperatura del riel de encapsulación.

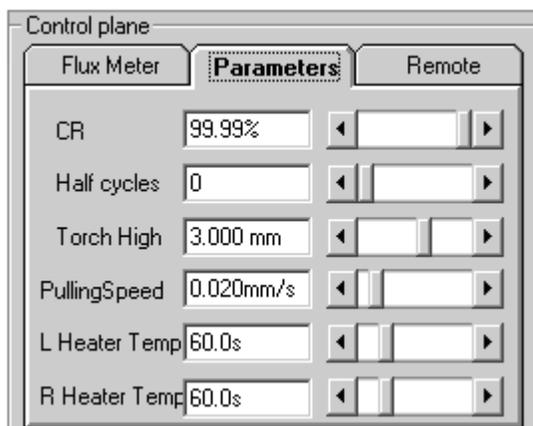


Figura 26 Pantalla selectora de los parámetros característicos del acoplador [5].

Y la tercera pestaña corresponde al control remoto de la máquina acopladora, permite activar funciones tales como el ascenso y descenso de la antorcha así como el comienzo del proceso de fabricación (RUN) (ver figura 27).

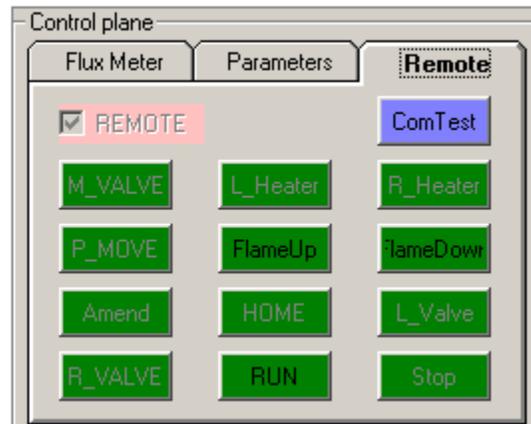


Figura 27 Panel de control de los movimientos de la antorcha [5].

En la figura 28 se muestra la pantalla que permite modificar los parámetros específicamente el Scan Length y el Scan Speed, los cuales regulan la longitud y velocidad de barrido de la antorcha durante la elongación de las fibras con lo que se entra a la siguiente bandeja para ajustar dichos parámetros.

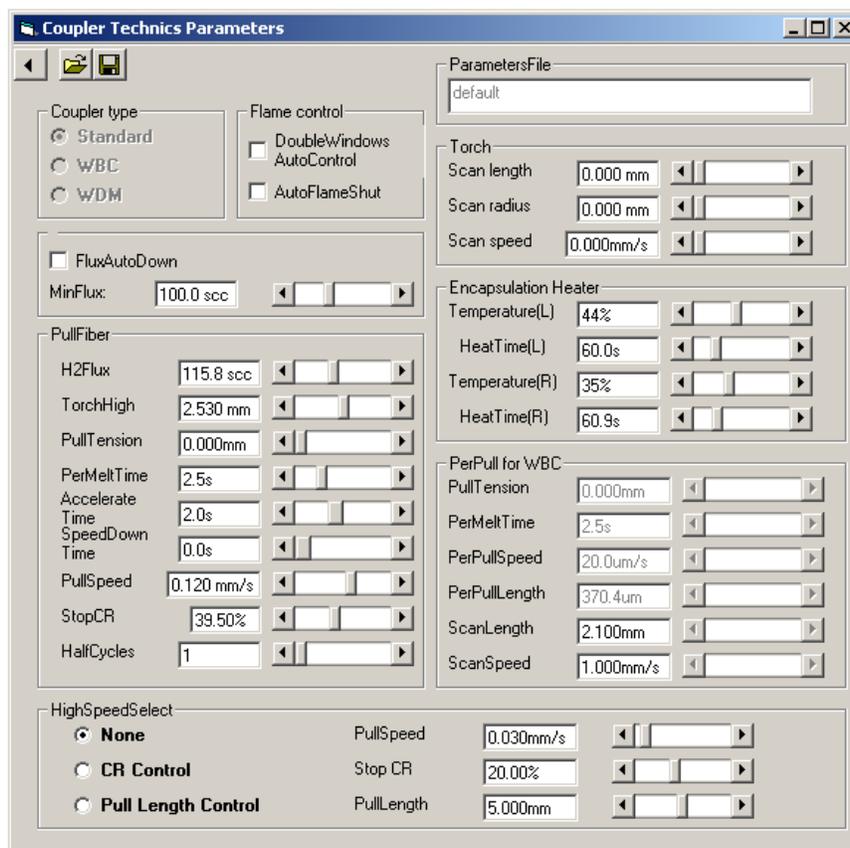


Figura 28 Pantalla selectora de todos los parámetros de la estación acopladora [5].

PASOS PARA LA FABRICACIÓN DE UN ACOPLADOR ESTÁNDAR.

1. Abra la fuente láser (su valor debe ser del orden de los $[\mu W]$), la bomba de vacío y llave del tanque de hidrógeno.
2. Encienda la máquina acopladora y el ordenador personal, abra el software OC2010, y coloque los parámetros óptimos para la fabricación del acoplador.
3. Quite el revestimiento de la fibra, colóquela en los rieles de la máquina acopladora ponga un extremo de la fibra en el fotodetector de la fuente láser y el otro extremo de la fibra colóquelo en el fotodetector localizado en la estación acopladora (CH1), la otra fibra óptica se coloca en el otro detector (CH2) para tener el registro de la potencia transmitida a través de las dos fibras.

4. Junte las dos fibras ópticas de tal manera que a la hora de accionar la bomba de vacío las fibras queden totalmente juntas.

5. Presione el botón de la bomba de vacío que se encuentra en la base de la máquina acopladora, ponga las dos fibras en el riel, apriételas y crúcelas, asegúrese que el punto donde las fibras se encuentran sin revestimiento se sitúen en medio de dicho riel. Para asegurarse de que las fibras se encuentren firmes sobre el riel presione la función HOLD (ver figura 29).

6. Coloque el protector de viento en la zona del riel, esto con el fin de cubrir el acoplamiento de las fibras y evitar al máximo las impurezas durante el proceso.

7. Si desea interrumpir el proceso de acoplamiento, solo tiene que presionar el botón de “Stop” que se encuentra en la base de la estación de trabajo.

8. Una vez terminado el acoplamiento retire el protector de viento con mucho cuidado, ya que en este momento la fibra óptica se encuentra sumamente delgada y corre el riesgo de romperse.

9. Posteriormente presione el botón "PACK_HOLD" que se encuentra en la base de la estación de trabajo, este botón activa la bomba de succión que se utiliza para la encapsular el acoplador (ver figura 29).

10. Dirija el mecanismo encapsulador hacia el acoplador, esto se realiza mediante el control remoto que se puede activar en la barra de herramientas y que se encuentra en la página principal del programa.

11. Presione los botones que regulan los movimientos de las cabezas de calentamiento (izquierda y derecha) con las que cuenta el mecanismo encapsulador, una vez encontrada la

posición ideal ponga un poco de pegamento especial en la zona donde se realizó el acoplamiento.

12. Una vez colocado el pegamento especial se efectúa la consolidación del acoplamiento e inmediatamente después se interrumpe el proceso de calentamiento.

13. Una vez realizado lo anterior cierre la llave que regula el flujo del hidrógeno y la bomba de vacío.

14. Corte los extremos de las fibras y en este momento podrá sacar el acoplador de la máquina.

15. Finalmente regrese a cero (reinicie) los motores que regulan el funcionamiento de la máquina acopladora.

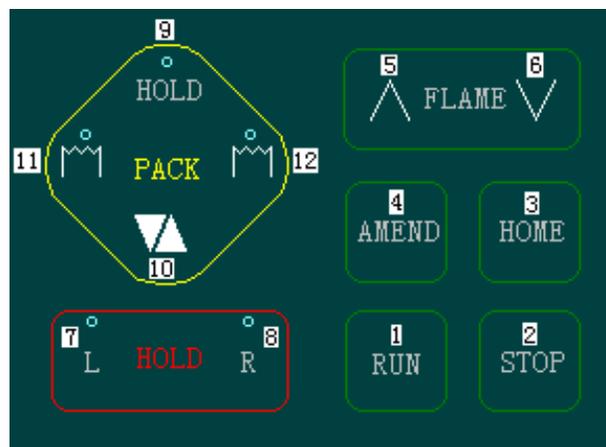


Figura 29 Panel de control que controla las funciones de la Bomba de Vacío [5].

El resultado de este proceso se muestra en la figura 30.

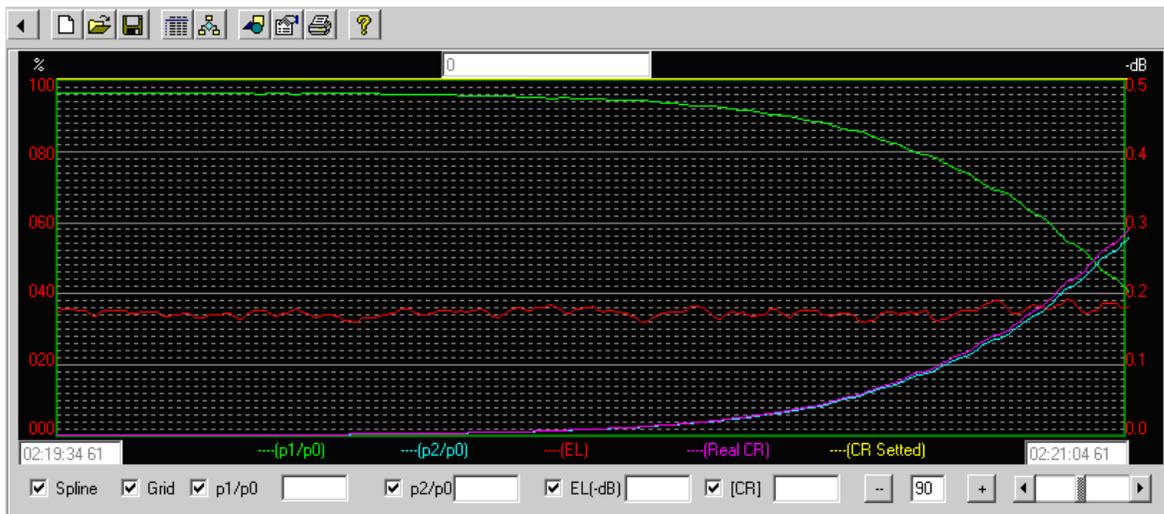


Figura 30 Grafica representativa del comportamiento de un acoplador estándar. Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación [5].

Para realizar un acoplador estándar sobre acoplado de 3 dB se deja continuar el proceso hasta conseguir que se vuelva cíclico (ver figura 31).

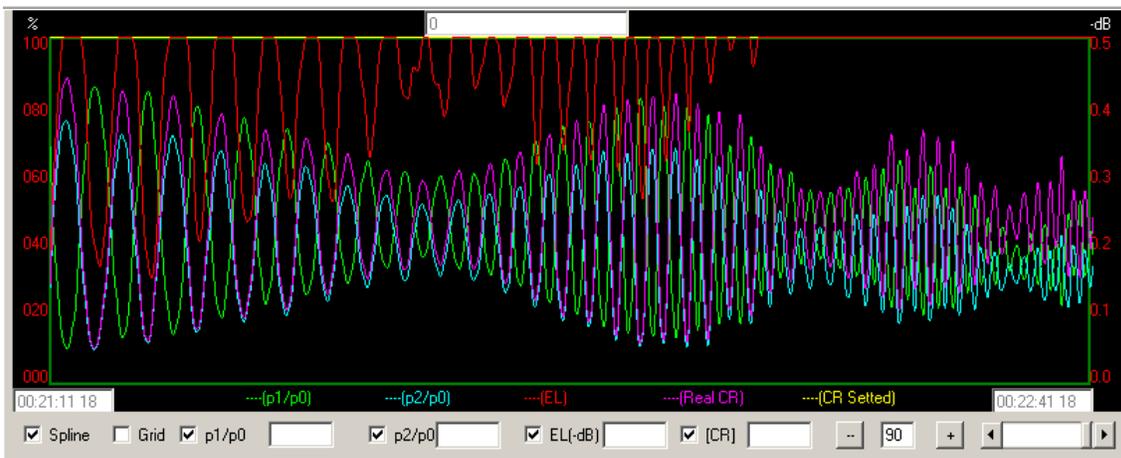


Figura 31 Grafica representativa el comportamiento de un acoplador estándar sobreacoplado Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación [5].

PASOS PARA LA FABRICACIÓN DE UN ACOPLADOR DE BANDA ANCHA (WBC).

Los pasos a seguir para la fabricación de acoplador de banda ancho son exactamente los mismos que se deben seguir para la elaboración de un acoplador estándar, la única

diferencia que existe entre ambos procesos de fabricación es el tipo de luz que se utiliza, el tipo de luz la determina la fuente que se está utilizando, en este caso para obtener un acoplador de banda ancha se debe utilizar una fuente de luz blanca, debido a que está compuesta por todas las longitudes de onda y por lo tanto cuenta con un ancho de banda grande. Por tal motivo los pasos a seguir para la fabricación de este tipo de acopladores son:

1. Abra la fuente de luz blanca (su valor debe ser del orden de los $[\mu W]$), la bomba de vacío y llave del tanque de hidrógeno.
2. Encienda la máquina acopladora y el ordenador personal, abra el software OC2010, y coloque los parámetros óptimos para la fabricación del acoplador.
3. Quite el revestimiento de la fibra, colóquela en los rieles de la máquina acopladora ponga un extremo de la fibra en el fotodetector de la fuente de luz blanca y el otro extremo de la fibra colóquelo en el fotodetector localizado en la estación acopladora (CH1), la otra fibra óptica se coloca en el otro detector (CH2) para tener el registro de la potencia transmitida a través de las dos fibras.
4. Junte las dos fibras ópticas de manera que a la hora de accionar la bomba de vacío las fibras queden totalmente juntas.
5. Presione el botón de la bomba de vacío que se encuentra en la base de la máquina acopladora, ponga la dos fibras en el riel, apriételas y crúcelas, asegúrese que el punto donde las fibras se encuentran sin revestimiento se sitúen en medio de dicho riel. Para asegurarse de que las fibras se encuentren firmes sobre el riel presione la función HOLD (ver figura 29).

6. Coloque el protector de viento en la zona del riel, esto con el fin de cubrir el acoplamiento de las fibras y evitar al máximo las impurezas durante el proceso.
7. Si desea interrumpir el proceso de acoplamiento, solo tiene que presionar el botón de “Stop” que se encuentra en la base de la estación de trabajo.
8. Una vez terminado el acoplamiento retire el protector de viento con mucho cuidado, ya que en este momento la fibra óptica se encuentra sumamente delgada y corre el riesgo de romperse.
9. Posteriormente presione el botón "PACK_HOLD" que se encuentra en la base de la estación de trabajo, este botón activa la bomba de succión que se utiliza para encapsular el acoplador (ver figura 29).
10. Dirija el mecanismo encapsulador hacia el acoplador, esto se realiza mediante el control remoto que se puede activar en la barra de herramientas y que se encuentra en la página principal del programa.
11. Presione los botones que regulan los movimientos de las cabezas de calentamiento (izquierda y derecha) con las que cuenta el mecanismo encapsulador, una vez encontrada la posición ideal ponga un poco de pegamento especial en la zona donde se realizó el acoplamiento.
12. Una vez colocado el pegamento especial se efectúa la consolidación del acoplamiento e inmediatamente después se interrumpe el proceso de calentamiento.
13. Una vez realizado lo anterior cierre la llave que regula el flujo del hidrógeno y la bomba de vacío.

14. Corte los extremos de las fibras y en este momento podrá sacar el acoplador de la máquina.

15. Finalmente regrese a cero (reinicie) los motores que regulan el funcionamiento de la máquina acopladora.

El resultado de este proceso se muestra en la figura 31.

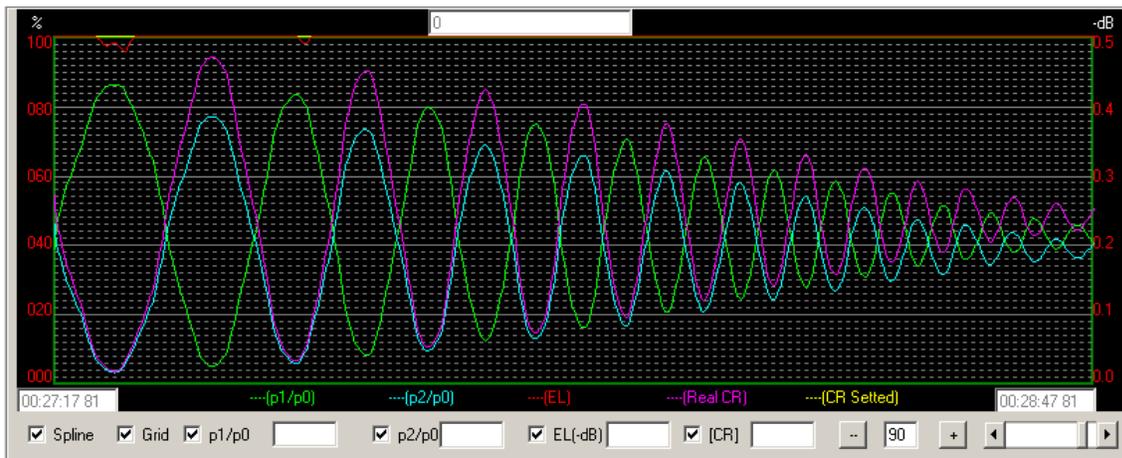


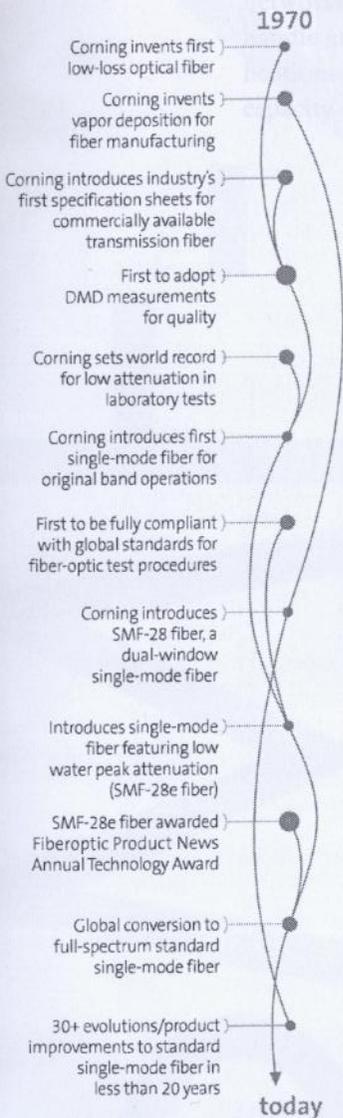
Figura 32 Grafica representativa el comportamiento de un acoplador de banda ancha Potencia Normalizada vs Longitud de Elongación [5].

APÉNDICE 2.

Corning® SMF-28e® Optical Fiber Product Information

Building on a Solid Foundation

Corning SMF-28e fiber has the same reliability, splicing performance and easily stripable coating that customers have trusted in Corning® SMF-28® fiber, the long-standing industry benchmark for quality and performance. SMF-28e fiber is the next evolution of the SMF-28 family.



Evolving Networks Now

At Corning Optical Fiber, we are continually pushing single-mode fiber to new performance levels. Building on our leadership position in the optical fiber industry, Corning is evolving our already formidable products to meet customer requirements like never before. As the first manufacturer to upgrade standard single-mode fiber worldwide, we're providing our customers with greater value today and in the future. Corning® SMF-28e® optical fiber is:

- * Corning's standard single-mode fiber offering, delivering optimized capability, network design flexibility and confidence in long-term performance
- * The world's most widely demanded full-spectrum fiber
- * In compliance with or exceeding the industry's most stringent requirements, including:
 - ITU-T G.652 (all tables)
 - IEC Specifications 60793-2-50 Type B1.3
 - TIA/EIA 492-CAAB
 - Telcordia's GR-20
- * The industry leader in comprehensive standard single-mode fiber specifications

As Corning's premier standard single-mode fiber, SMF-28e fiber is one in a long line of optical innovations. Corning SMF-28e optical fiber is expanding the capability of the world's most dynamic metropolitan and access networks.

Optical Specifications

Fiber Attenuation

Maximum Attenuation	
Wavelength (nm)	Maximum Value* (dB/km)
1310	0.33 – 0.35
1383**	0.31 – 0.35
1550	0.19 – 0.20
1625	0.20 – 0.23

*Maximum specified attenuation value available within the stated ranges.

**Attenuation values at this wavelength represent post-hydrogen aging performance.

Alternate attenuation offerings available upon request.

Attenuation vs. Wavelength		
Range (nm)	Ref. λ (nm)	Max. α Difference (dB/km)
1285 – 1330	1310	0.03
1525 – 1575	1550	0.02

The attenuation in a given wavelength range does not exceed the attenuation of the reference wavelength (λ) by more than the value α .

Macrobend Loss			
Mandrel Diameter (mm)	Number of Turns	Wavelength (nm)	Induced Attenuation* (dB)
32	1	1550	≤ 0.05
50	100	1310	≤ 0.05
50	100	1550	≤ 0.05
60	100	1625	≤ 0.05

*The induced attenuation due to fiber wrapped around a mandrel of a specified diameter.

Point Discontinuity	
Wavelength (nm)	Point Discontinuity (dB)
1310	≤ 0.05
1550	≤ 0.05

Dimensional Specifications

Glass Geometry

Fiber Curl	≥ 4.0 m radius of curvature
Cladding Diameter	125.0 ± 0.7 μm
Core-Clad Concentricity	≤ 0.5 μm
Cladding Non-Circularity	$\leq 0.7\%$

Cable Cutoff Wavelength (λ_{ccf})

$$\lambda_{\text{ref}} \leq 1260 \text{ nm}$$

Mode-Field Diameter

Wavelength (nm)	MFD (μm)
1310	9.2 ± 0.4
1550	10.4 ± 0.5

Dispersion

Wavelength (nm)	Dispersion Value [ps/(nm \cdot km)]
1550	≤ 18.0
1625	≤ 22.0

Zero Dispersion Wavelength (λ_0): $1302 \text{ nm} \leq \lambda_0 \leq 1322 \text{ nm}$

Zero Dispersion Slope (S_0): $\leq 0.089 \text{ ps}/(\text{nm}^2 \cdot \text{km})$

Polarization Mode Dispersion (PMD)

	Value (ps/ $\sqrt{\text{km}}$)
PMD Link Design Value	$\leq 0.06^*$
Maximum Individual Fiber	≤ 0.2

*Complies with IEC 60794-3: 2001, Section 5.5, Method 1, ($m = 20$, $Q = 0.01\%$), September 2001.

The PMD link design value is a term used to describe the PMD of concatenated lengths of fiber (also known as PMD_Q). This value represents a statistical upper limit for total link PMD. Individual PMD values may change when fiber is cabled. Corning's fiber specification supports network design requirements for a 0.20 ps/ $\sqrt{\text{km}}$ maximum PMD.

Environmental Specifications

Environmental Test	Test Condition	Induced Attenuation
		1310 nm, 1550 nm & 1625 nm (dB/km)
Temperature Dependence	-60°C to +85°C*	≤ 0.05
Temperature Humidity Cycling	-10°C to +85°C* up to 98% RH	≤ 0.05
Water Immersion	23 \pm 2°C	≤ 0.05
Heat Aging	85 \pm 2°C*	≤ 0.05
Damp Heat	85°C at 85% RH	≤ 0.05

*Reference temperature = +23°C

Operating Temperature Range: -60°C to +85°C

Mechanical Specifications

Proof Test

The entire fiber length is subjected to a tensile stress ≥ 100 kpsi (0.7 GPa)*.

*Higher proof test levels available.

Length

Fiber lengths available up to 50.4* km/spool.

*Longer spliced lengths available.

Performance Characterizations

Characterized parameters are typical values.

<i>Core Diameter</i>	8.2 μm
<i>Numerical Aperture</i>	0.14 <i>NA is measured at the one percent power level of a one-dimensional far-field scan at 1310 nm.</i>
<i>Zero Dispersion Wavelength (λ_0)</i>	1313 nm
<i>Zero Dispersion Slope (S_0)</i>	0.086 ps/(nm ² •km)
<i>Refractive Index Difference</i>	0.36%
<i>Effective Group Index of Refraction (N_{eff})</i>	1310 nm: 1.4677 1550 nm: 1.4682
<i>Fatigue Resistance Parameter (N_f)</i>	20
<i>Coating Strip Force</i>	Dry: 0.6 lbs. (3N) Wet, 14-day room temperature: 0.6 lbs. (3N)
<i>Rayleigh Backscatter Coefficient (for 1 ns Pulse Width)</i>	1310 nm: -77 dB 1550 nm: -82 dB
<i>Individual Fiber Polarization Mode Dispersion</i>	0.02 ps/ $\sqrt{\text{km}}$

Formulas

Dispersion

$$\text{Dispersion} = D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km}),$$

$$\text{for } 1200 \text{ nm} \leq \lambda \leq 1625 \text{ nm}$$

λ = Operating Wavelength

Cladding Non-Circularity

$$\text{Non-Circularity} = \left[1 - \frac{\text{Min. Cladding Diameter}}{\text{Max. Cladding Diameter}} \right] \times 100$$

How to Order

Contact your sales representative, or call the Optical Fiber Customer Service Department:
Ph: 607-248-2000 (U.S. and Canada)
+44-1244-287-437 (Europe)
Email: opticalfibs@corning.com
Please specify the fiber type, attenuation and quantity when ordering.

Corning Incorporated
www.corning.com/opticalfiber

One Riverfront Plaza
Corning, NY 14831
U.S.A.

Ph: 800-525-2524 (U.S. and Canada)
607-786-8125 (International)

Fx: 800-539-3632 (U.S. and Canada)
607-786-8344 (International)

Email: cofic@corning.com

Europe

Ph: 00 800 6620 6621 (U.K., Ireland, Italy, France, Germany, The Netherlands, Spain and Sweden)

+1 607 786 8125 (All Other Countries)

Fx: +1 607 786 8344

Asia Pacific

Australia

Ph: 1-800-148-690

Fx: 1-800-148-568

Indonesia

Ph: 001-803-015-721-1261

Fx: 001-803-015-721-1262

Malaysia

Ph: 1-800-80-3156

Fx: 1-800-80-3155

Philippines

Ph: 1-800-1-116-0338

Fx: 1-800-1-116-0339

Singapore

Ph: 800-1300-955

Fx: 800-1300-956

Thailand

Ph: 001-800-1-3-721-1263

Fx: 001-800-1-3-721-1264

Latin America

Brazil

Ph: 000817-762-4732

Fx: 000817-762-4996

Mexico

Ph: 001-800-235-1719

Fx: 001-800-339-1472

Venezuela

Ph: 800-1-4418

Fx: 800-1-4419

Greater China

Email: GCCofic@corning.com

Beijing

Ph: (86) 10-6505-5066

Fx: (86) 10-6505-5077

Hong Kong

Ph: (852) 2807-2723

Fx: (852) 2807-2152

Shanghai

Ph: (86) 21-3222-4668

Fx: (86) 21-6288-1575

Taiwan

Ph: (886) 2-2716-0338

Fx: (886) 2-2716-0339

Corning, SMF-28, SMF-28e and CPC are registered trademarks of Corning Incorporated, Corning, N.Y.

Any warranty of any nature relating to any Corning optical fiber is only contained in the written agreement between Corning Incorporated and the direct purchaser of such fiber.

©2004, Corning Incorporated

APÉNDICE 3.

OC-2010 Optical Coupler Manufacturing System Operational Manual

Shanghai Dowson Communication Co., Ltd.

Rev.Dec.2003

Content

- 1. Overview**
- 2. Key Features and Specifications**
- 3. System Installation and Operation**
 - 3.1 Overview the whole system**
 - 3.2 Installation**
 - 3.3 Operation...**
- 4. Software**
 - 4.1 Software Installation**
 - 4.2 Software Operation**

1.Overview

OC-2010 Optical Coupler Manufacturing System is designed with conventional Fused Bi-Conic Tapering technology for fabrication of the most of popular low cost fiber optic couplers and wavelength division multiplexer(WDM), those all-fiber components, simple looks like, but play the key role, are widely used in today's fiber optic communication and sensing networks.

As a new generation optical coupler manufacturing system, OC-2010 is developed by Dowson engineering team in 2002, on the basis of OC-1010 and OC-2000 high reputation coupler/WDM workstation systems in China. OC-2010 is equipped with latest technologies, new features, and enhanced functionalities; the new generation optical coupler manufacturing system provides a turn-key solution for coupler manufacturers with unsurpassed performance quality.

OC-2010 Optical Coupler Manufacturing System is so versatile that can fabricate all common used optical fiber couplers,WDMs, and can be used for manufacturing some specialty components through some additional accessories or fixtures, one by N channel or NxN monolithic 3x3 or 4x4 couplers may be fabricated by OC-2010, provided suitable fixture can be equipped with. Furthermore, OC-2010 can be treated as an ideal platform for developing polarization maintaining coupler workstation system.

OC-2010 Optical Coupler Manufacturing System features incomparable accuracy in stage movement, enhanced functionalities, easy to use Graphic User Interface(GUI), powerful process management software, volume production hardened design, and the flexibility for manufacturing process changes, the system incorporates a high stability light source and a high accuracy power meter with integrated features, the new generation optical coupler manufacturing system provides the most reliable solution for fabrication standard and special feature couplers with high yields. This system enables the end products to have ideal output with low polarization-dependent loss(PDL),low excess loss, and highly repeatable coupling ratios.

2 . Key Features and Specifications

Key Features

High yield rate and high reliability

High-precision stages

Short cycle time

Low excess loss and high repeatability

Real time monitoring system

Anti-Vibration design to absorb external shocks

Easy access hot-key control panel for instant control and micro-adjustment

Special designed enclosure and machine platform to prevent working area from being contaminated

Modular design for convenience of maintenance and future upgrade

Ability to produce short length couplers

Windows 2000 based PC-2000 series software package

Specifications

1 . Power Supply

1.1 Power Supply : 220VAC \pm 10% , 50HZ

1.2 Power Consumption : < 320W

2.Hydrogen supply

2.1 Maximum Pressure:0.2MP

2.2 Recommended Pressure:0.12MP

2.3 Purity:>99.999%

3.Operation Environments

3.1Temperature : 0 ~40

3.2Humidity : < 90%RH

4.Key Specifications

4.1Maximum pulling length (one side) : 25.000mm

4.2 Movement Resolution Of Fiber Chucks(one side) : 2 nm

4.3Pulling speed (one side) : 0.001mm/s -- 0.4mm/s

4.4Pulling speed resolution (one side) : 0.001mm/s

4.5 Maximum movement range of torch unit : 20.00mm

4.6 Movement resolution of torch unit : 0.01mm

4.7Torch unit moving speed range : 0.1mm/s -- 9.9mm/s

4.8Torch unit moving speed resolution : 0.1mm/s

4.9Tapering length resolution : < 5um

4.10Tapering length resolution repetition : < 10um/50times

4.11Torch unit position control resolution : < 15um

4.12 Torch unit position control resolution repetition : < 15um/50times

4.13Power meter measurement range : +3 -- -70dBm

4.14Power meter linearity : \pm 0.02 %

4.15Wavelength range : 850nm -- 1650nm

4.16 Dimensions : 500mm(W) \times 398mm(D) \times 232mm(H)

5.Other functions for easy control the equipment

5.1Manual/Auto stop tapering functions

5.2All parameters can be logged, stored and recalled.

5.3Auto protect functions such as: short cut circuits, maximum movement range limits.

5.4Torch linear swing movement, circular movement.

3.Installation and operation instructions

3.1 Overview the whole system

Please see figure 1 :



Figure 1 OC-2010 System

3.2 Installation

3.2.1 Please make sure that the system operation environment meets demands that are as per specifications said.

3.2.2 OC-2010 system is designed with high tapering movement resolution as 0.002um, therefore, please make sure that the OC-2010 being installed onto a secure, stable, horizontal bench.

3.2.3 System connection please see figure 2, you may find the power supply cable in OC-2010 system packing.

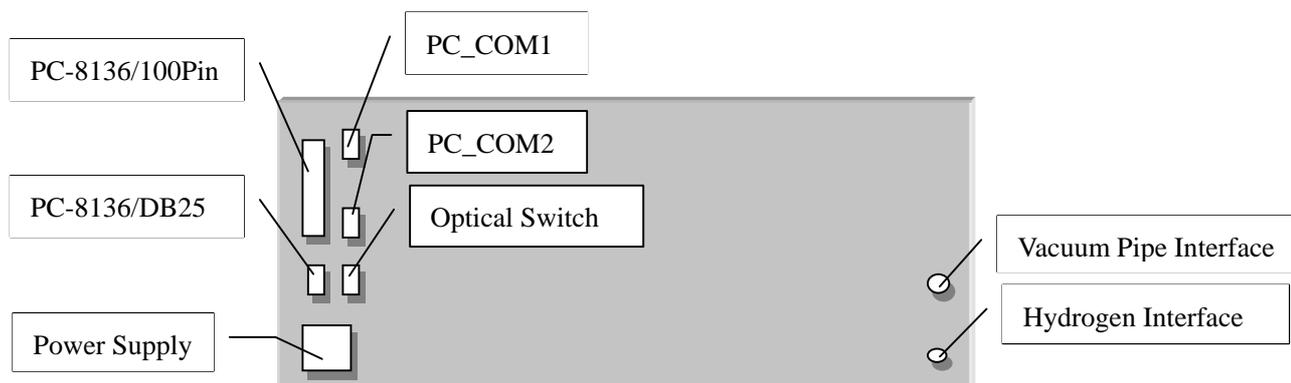


Figure 2: Connection the system

Important Note : The OC-2010 system needs AC Power 220VAC/50HZ ; Firm and reliable ground connection is a must. OC-2010 just has “ Short-cut protection ” function, we strongly recommend that customer ’ s power supply circuits include leakage of

electricity circuits. A sample is as follow (Figure 3):

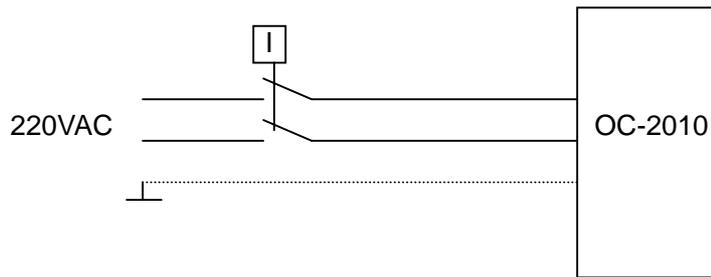


Figure 3: Leakage of Electricity Protection

3.2.4 Connect external Vacuum Pump with OC-2010 Vacuum Pipe Interface through a qualified pipe, and make sure the connection is airtight enough.

3.2.5 Connet external hydrogen gas container with OC-2010 Hydrogen Gas Interface through a qualified pipe, and make sure te connection is airtight enough, reliable. It is very important to gurantee hydrogen gas pressue within the range of **0.15MPa--0.2Mpa**. **External hydrogen gas supply should have “on/off” switch, flow control devices that can be controlled manually by the oporaor.**

3.2.6 Connect OC-2010 system interfaces: PC_COM1; PC_COM2 and DOWSON Control Card with PC accordingly through the other three cables that included with OC-2010 system packing.

3.3Operation

3.3.1 Power on

- Inspect all connections carefully before power on the OC-2010 system.。
- Switch on PC and wait for PC standard by (ready to work properly)
- Power on OC-2010 system.

Run OC-2010 system software.。

3.3.2 Stop

- Exit OC-2010 software
- Switch off OC-2010
- Switch PC

3.3.3Keyboard functions and display

See Figure 4

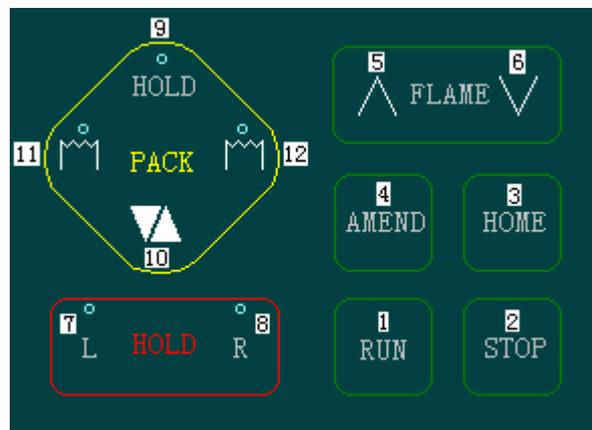


Figure 4: Keyboard and display

3.3.4 Keyboard Operation

- (1) RUN : Start tapering
- (2) STOP : Stop tapering
- (3) HOME : Electrical machinery return to pre-setting position that was fixed at factory.
- (4) AMEND : Amending
- (5) FLAMEUP : Flame moving upside (this function is live when tapering)
- (6) FLAMEDOWN : Flame moving upside (this function is live when tapering)
- (7) HOLDL : Right vacuum absorption fixture open/close
- (8) HOLDR : Right vacuum absorption fixture open/close
- (9)PACKHOLD : Pack Platform open/close
- (10)PACKUPDOWN : Pack Platform moving forward/ backward
- (11)HEATL : Left Heating , can be shut down manually or by computer
- (12)HEATR : Right Heating , can be shut down manually or by computer

4. Software Installation and Operation

4.1 Software Installation

4.1.1 Insert OC-2010 software disk into CD/DVD driver, and enters into then run Setup.exe by double click Setup.exe , restart your computer. Please note that OC-2010 software can be used at Win95, Win98, WinNT, Win2000).

4.2 Software Operation

4.2.1. Start OC_2010 software. See Figure 5 :

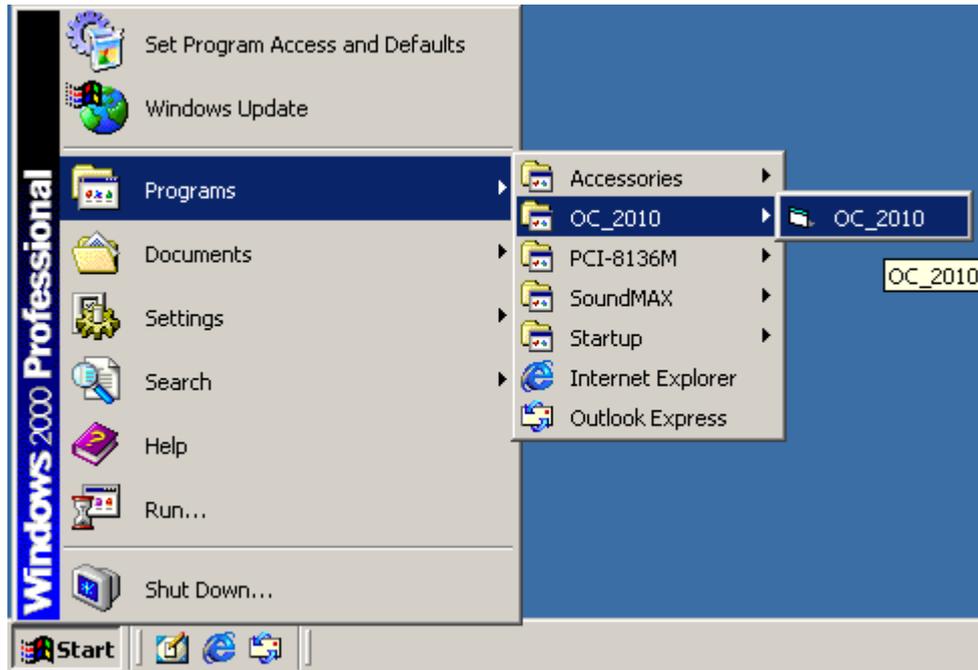


Figure 5 Start OC_2010 Software

If you see the follow window (Figure 6), there are problems on keyboard communication, please inspect OC-2010 system power supply, OC-2010 maybe not operating, or there maybe poor connection between mainframe with computer.



Figure 6 Communication failure warning window

The window below appears every time when you run OC-2010 software :

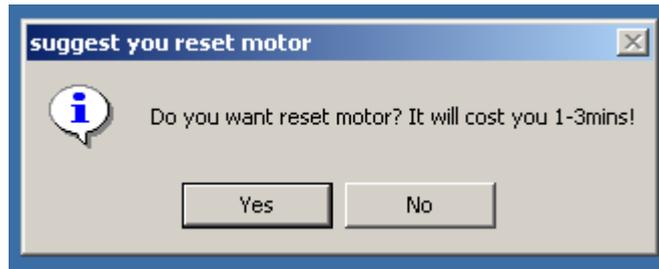


Figure 7 Electrical Machinery resetting window

If any electrical machinery of OC-2010 system is not at proper position, please click “ Yes(Y) to reset electrical machineries, otherwise, OC-2010 system can not work properly, worse, the electrical machinery may be damaged.

OC-2010 software main page is as below (Figure 8) :

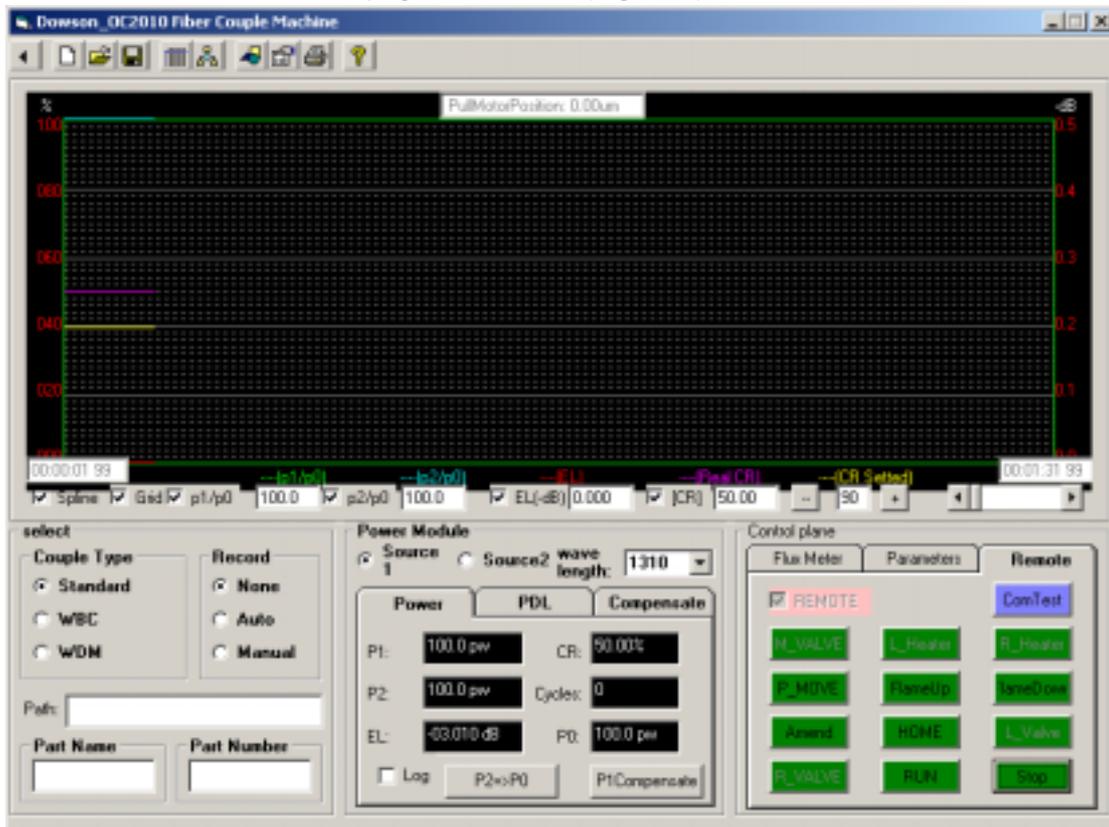


Figure 8 Main page of OC-2010 software

Notes: When OC-2010 software is started, all parameters last time used (or set) will be recalled automatically.

4.2.2. Select to fabricate different components

OC-2010 software provides three different couplers standard fabricating processes that are common used optical fiber fused couplers today. Standard Optical Coupler, Wideband Optical Coupler and Wavelength Division Multiplexer, you may select each of them for easy operation. See Figure 9



Figure 9 Select different components

4.2.3. Tapering parameters setting

4.2.3.1 Parameters setting window .See Figure 10



Figure 10 Main Tool Bar

Click “ New ” enter into parameter setting window. See Figure 11. In this window, the operator can change, input and storage all related parameters.

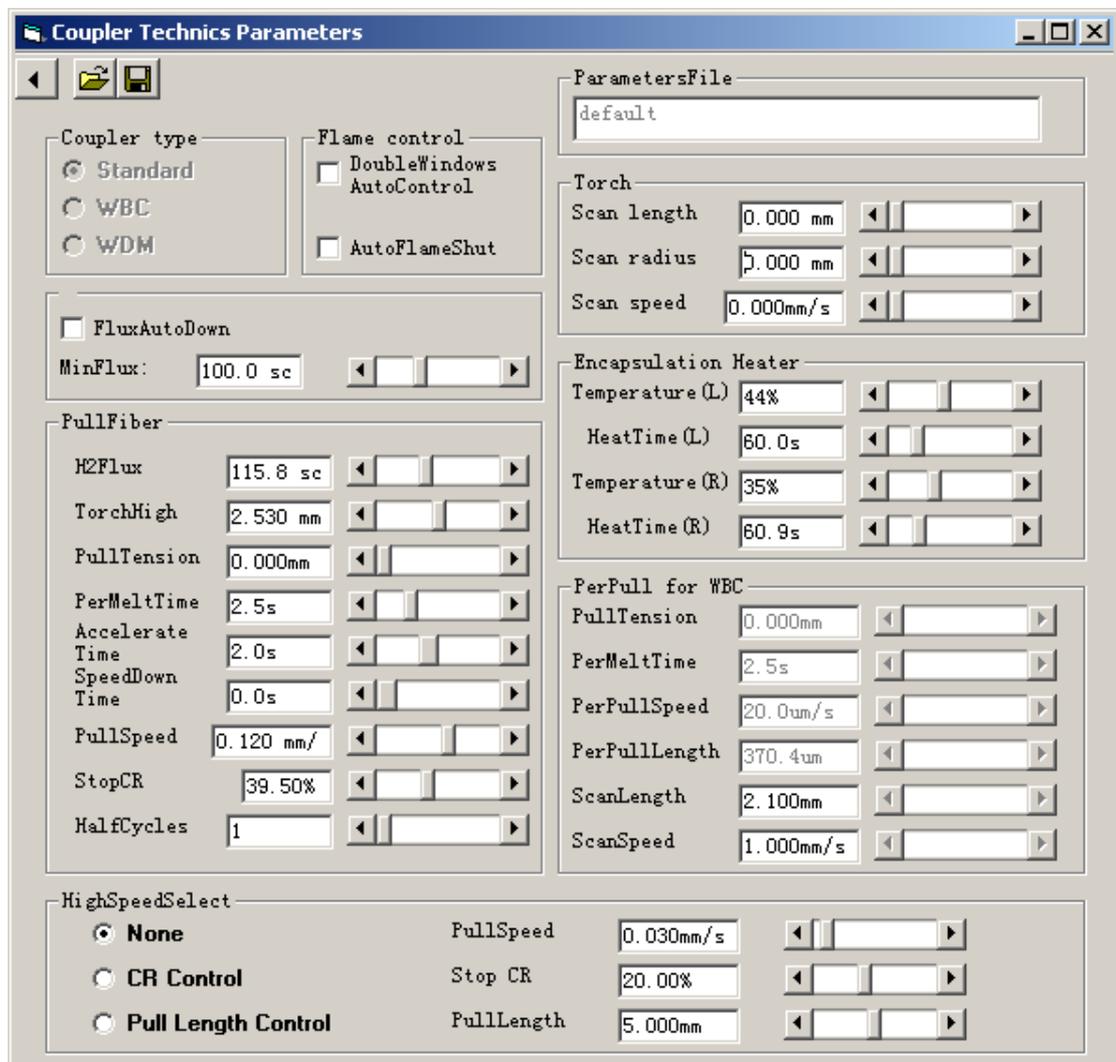


Figure 11 Parameters Setting Window

4.2.3.2 Storage Parameter Files

When you need to save parameters files into hard drive, you may click save button, see Figure 12, select file name and route, then click “ S (save) ” .

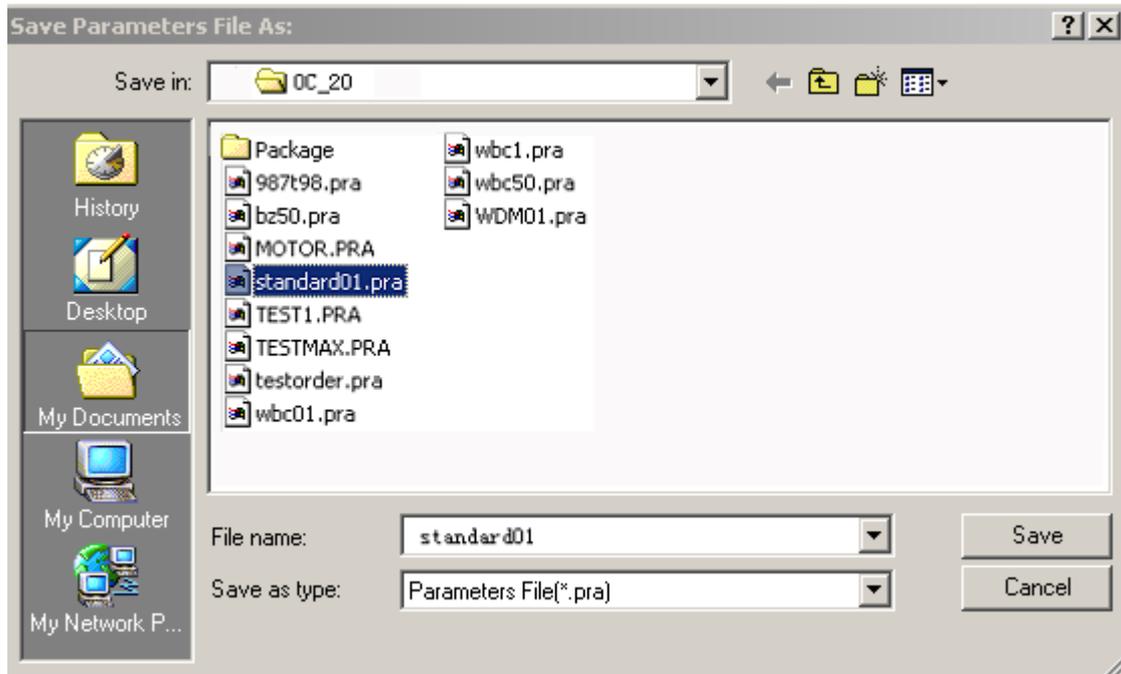


Figure 12 Save parameter file

4.2.3.4. Recall Parameter Files from Hard Drive

When you need to recall a certain parameter file, please click “ Open ” , select route and file name that you want to recall, and then click “ O (open) ” .

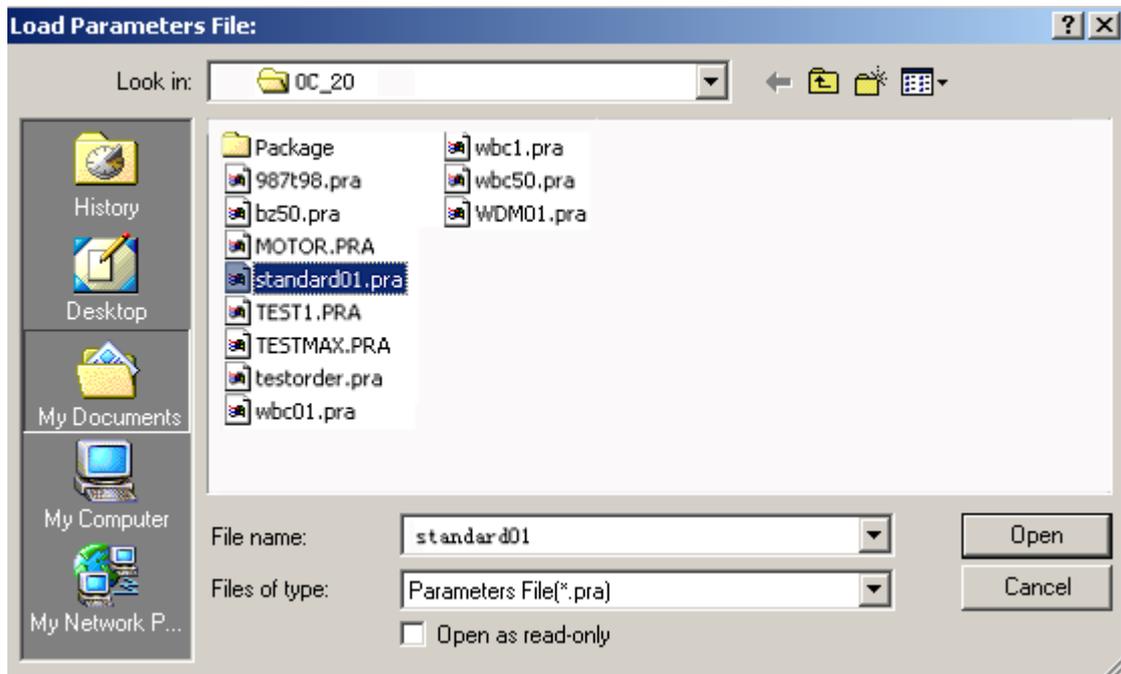


Figure 13 Recall parameter file

4.2.4 Change Frequently-used Parameters

During tapering process, especially at the first begging, some parameters need to be adjusted or changed frequently, OC-2010 software provides a special window in which the operator can change those frequently-used parameters easily. When you change parameters at main page frequently-used parameter window, all changed parameters will be showed at tapering parameter setting window, respectively. See Figure 14.

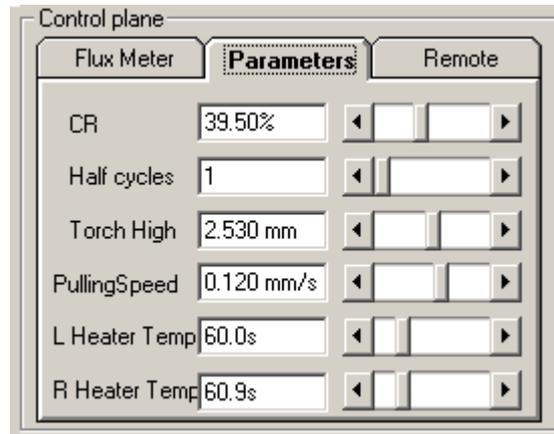


Figure 14 Change Frequently-used Parameters

4.2.5 Control Flow Meter

Click “Flow Meter” at OC-2010 software main page, Control Panel. See Figure15

Click “Open” to turn on hydrogen gas flow switch.

Click “Close” to turn off hydrogen gas flow switch.

Click “Washing” to wash flow meter pipe.

Click “Ignite Test” to test ignition about 0.5 second.

When Hydrogen flow meter turned off or flow zero-setting, click “Zero Flow” can calibrate Flow Meter zero status. This function is useful when there is a relatively big difference between setting flow from measured gas flow.

Important Notes: When you use zero Flow key, please make sure that the Flow Meter is turned off, or set flow to zero and wait for stable flow is obtained by Flow Meter. We recommend waiting for at least ten seconds.

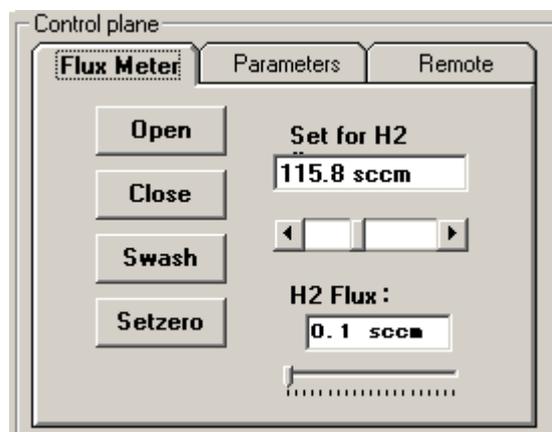


Figure 15 Control Flow Meter

4.2.6 Remote Control

Click “Remote Control” at OC-2010 software main page, Control Panel. See Figure 16 :

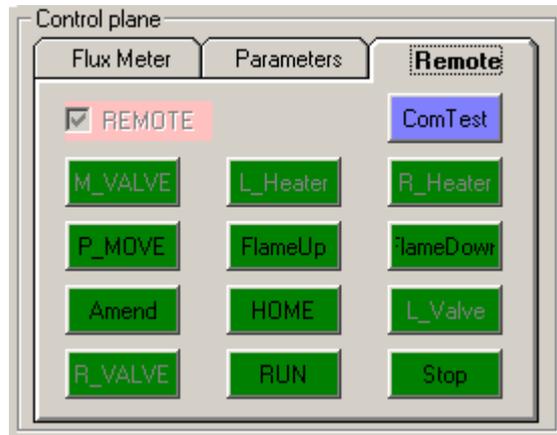


Figure 16 Remote Control

Remote control functions are mainly for maintenances purpose. Please use this functions carefully .

4.2.7 Power Meter

Click “Power Meter” at OC-2010 software main page, See Figure 17

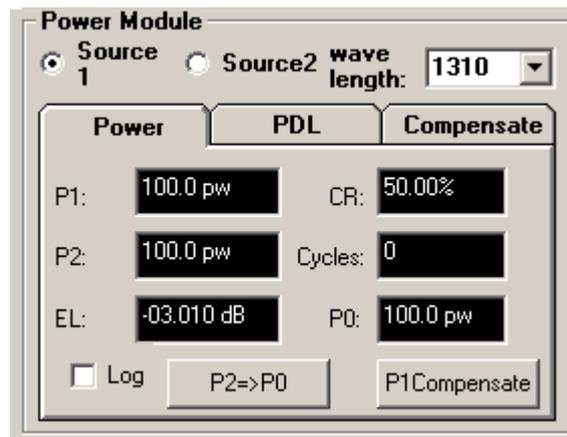


Figure 17 Optical Power Meter window

All value display is against used light source

P1 : Channel one power

P2 : Channel two power

EL : Insertion loss

CR : Actual Splitting ratio

Cycle : Half-Cycle number

P0 : Power value before tapering

Log : mW/dBm Switch

4.2.8 Power Compensation

See Figure 17 :

Before tapering, the operator input the first fiber into Channel 1, and then input the second fiber into Channel 2, then click “P2=>>P0” button, P0 records an optical power value. Click “P1 Compensation” button, the OC-2010 software will equal two channel light power automatically.

4.2.9 PDL Measurement

Click “PDL” at OC-2010 software main page, See Figure 18 :

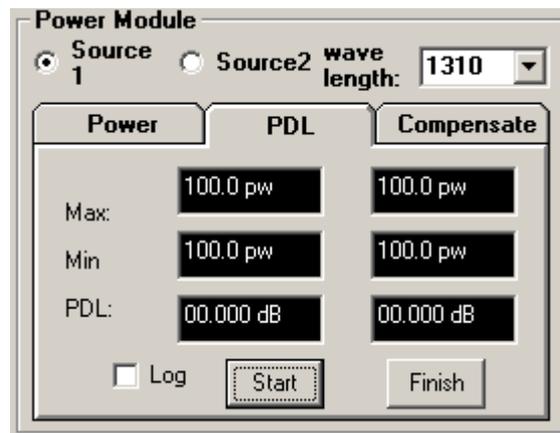


Figure 18 PDL Measurement

Notes: PDL measurement needs to connect with an external polarization controller. Push “Start” key to start PDL measurement , push “Finish” key to stop measuring.

4.2.10 Save Tapering Curve File

When you need to save a certain tapering curve parameters as a file into hard drive, you may click “ Save Tapering Curve File ” button, see Figure 12, select file name and route, then click “ S (save) ” See Figure 19 :

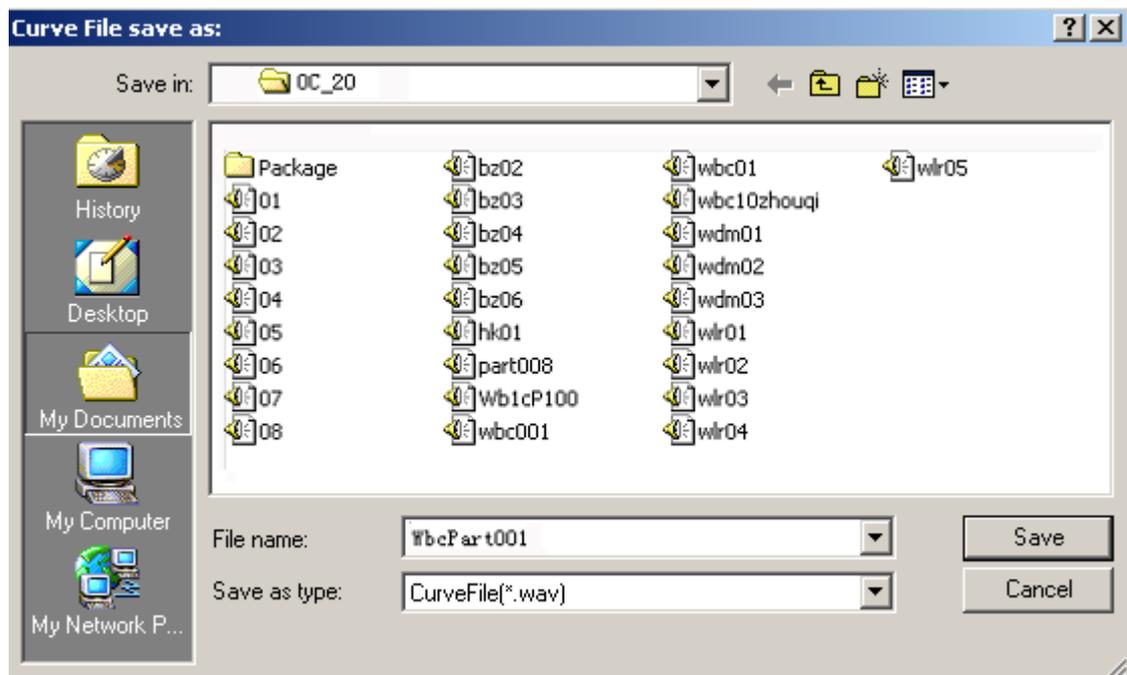


Figure 19 Save Tapering Curved File

4.2.10 Tapering Curve File Recall

When you need to recall a certain tapering curve file p , please click “ Open ” , select route and file name that you want to recall, and then click “ O (open)See Figure 20

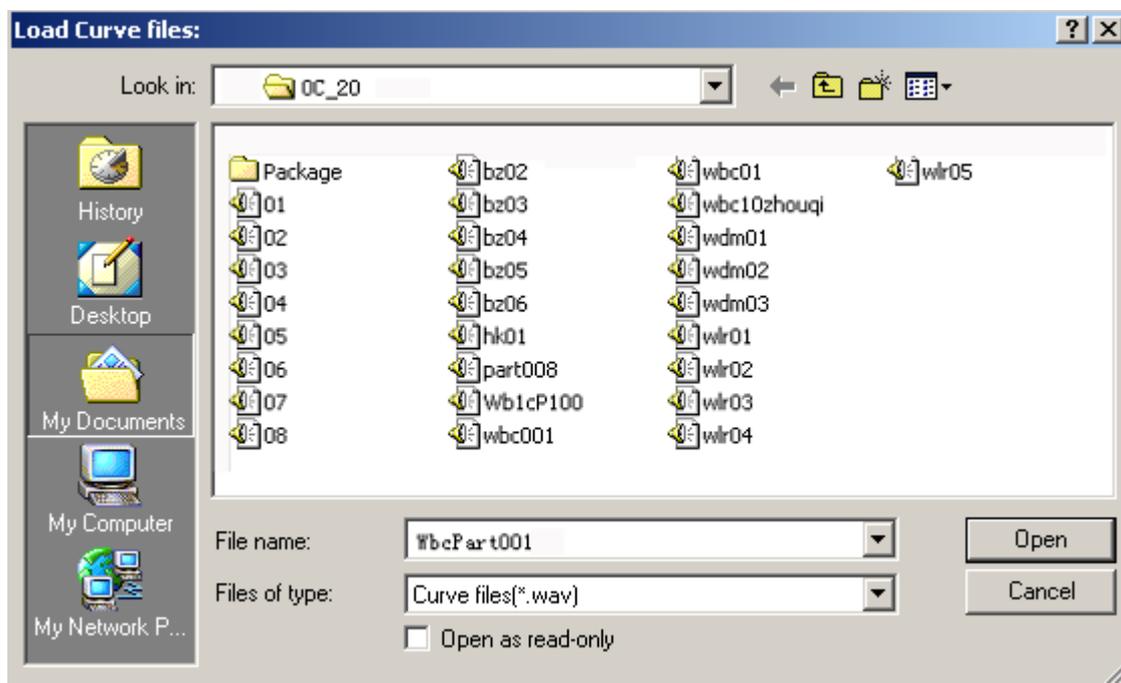


Figure 20 Tapering Curve File Recall

4.2.11 Component Parameters Record

OC-2010 software can record tapered components parameters both manually and automatically. See Figure 21

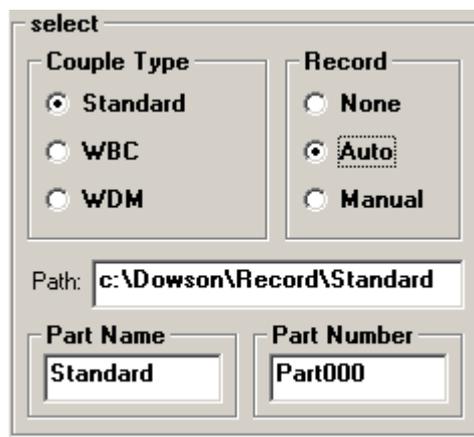


Figure 21 Parameters Record

Auto : When you want to use auto record function, please set a file as: c:\dowson\record , OC-2010 software itself will set three files as: Standard; Wbc(Wide band coupler); and Wdm (Wavelength division multiplexer) , and name saved files by the way as increasing numbers of each file accordingly. Please note that auto record function may cover the recorded file when new file name is as same as previous one.

Manual: Save files manually.

All components parameters files are in TXT format. The files can be opened by

Notebook or Microsoft word.

4.2.12 How to observe tapering curves

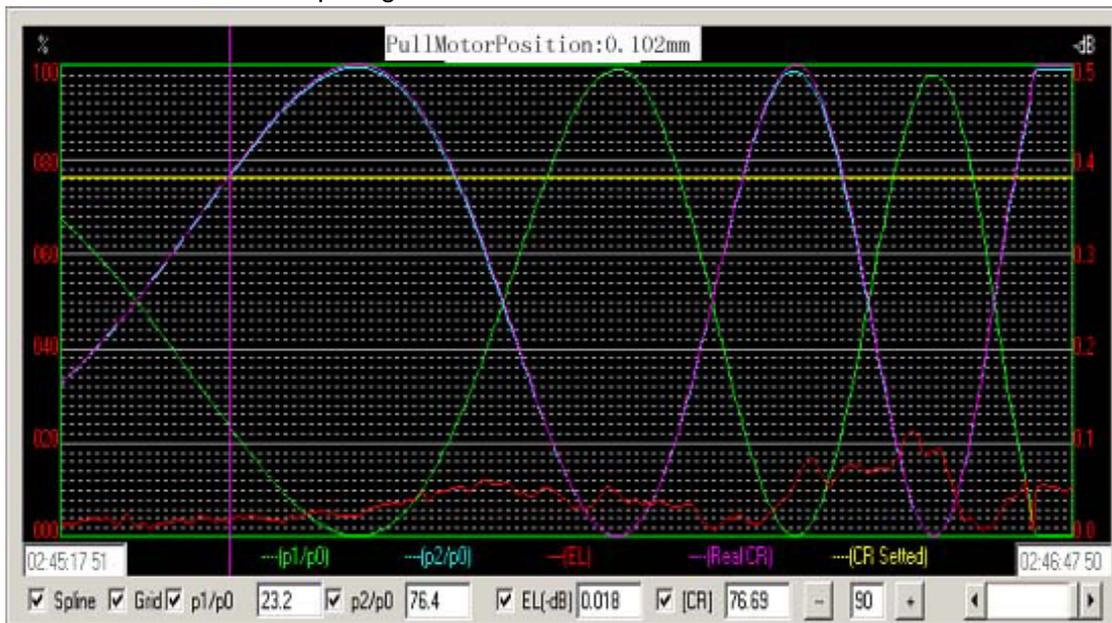


Figure 22 Tapering Curve

When OC-2010 is not tapering, click any point of the tapering curve, some key parameters will be showed at the bottom line of the window.

Spline : Tapering Curve Flatness

Grid : Grid display

P1/P0 : P1 Power Ratio P2/P0 : P2 Power Ratio

EL : Excess Loss CR : Coupling Ratio

+/- : Tapering time adjustment Rolling Bar: Rolling

4.2.13 Three types typical optical fiber couplers curves

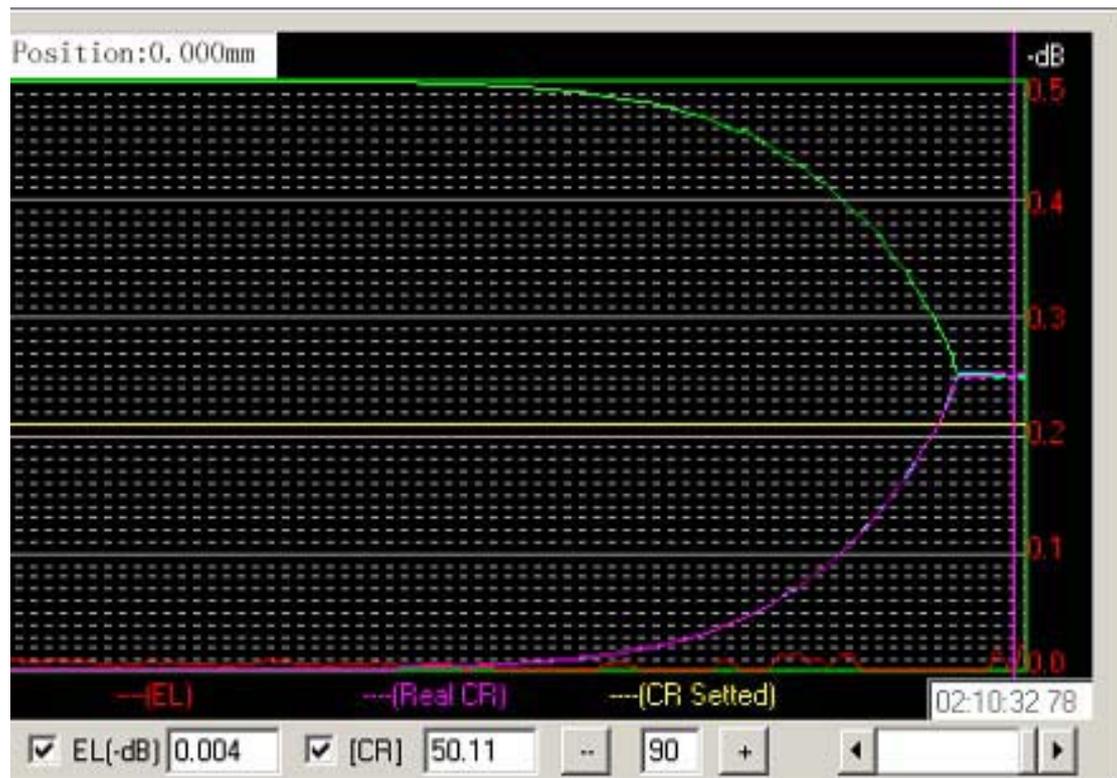


Figure 23 50/50 Standard Coupler



Figure 24 Wavelength Divisions Multiplexer



Figure 25 Dual-window Wideband Coupler