



MEMORIAS SOMI XV
INDICE POR AREAS

INGENIERIA NEURONAL, SISTEMAS INTELIGENTES, SISTEMAS
BORROSOS Y CIBERNETICA

TITULO	DIA	TRABAJO
IDENTIFICACION DE DEFECTOS EN ENSAYOS ULTRASONICOS DE INMERSION POR MEDIO DE SISTEMAS EXPERTOS, UTILIZANDO UN MANIPULADOR DE TRES GRADOS DE LIBERTAD	18	CIB-0
SISTEMA EXPERTO PARA LA DETECCION DE FALLAS EN OSCILOSCOPIOS	18	CIB-1
GENERADOR DE MODELOS DIFUSOS PARA SISTEMAS ANALOGICOS CARACTERIZADOS CON UN LENGUAJE DESCRIPTOR DE HARDWARE	18	CIB-1-1
MODELADO - DE UN QUEMADOR DE BIOMASAS	18	CIB-2
DISEÑO y SIMULACION DE UNA RED NEURONAL DE HOPFIELD APLICADA A OPTIMIZACION	18	CIB-3
COMPUTADORAS ANALOGICAS y NEURONAS ARTIFICIALES	18	CIB-4
FENOMENOS DE HISTERESIS EN UNA NEURONA NO INTEGRADORA	18	CIB-5
CARACTERIZACION DE UN CIRCUITO NEURONAL CON MULTIPLES COMPORTAMIENTOS PERIODICOS	18	CIB-6
CONTROLADOR DIFUSO PARA UN HORNO ELECTRICO RESISTIVO	18	CIB-7
SISTEMA INTELIGENTE COMPUTARIZADO PARA EL APRENDIZAJE CONCEPTUAL E INTERACTIVO DE LA FISICA A NIVEL BACHILLERATO	18	CIB-8
INSTRUMENTACION, CIBERNETICA y EL METODO DE ESTUDIO DE LOS SISTEMAS COMPLEJOS y ORGANIZADOS	18	CIB-9
CIBERNETICA DE LA INSTRUMENTACION	18	CIB-10
REGLAS DEL RAZONAMIENTO APROXIMADO DINAMICO	18	CIB-11
BIOMASS ESTIMATION USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS ON FIELD PROGRAMMABLE ANALOG DEVICES	18	CIB-11-1
SISTEMAS NEURO-DIFUSOS CON PROCESAMIENTO SINAPTICO: PROPUESTA DE LA NEO NEURONA DIFUSA MODIFICADA	18	CIB-12
PROCESADOR NEURONAL CON FUNCION ZONA MUERTA y RETARDO	18	CIB-13
DOS NUEVOS MODELOS DE NEURONA BORROSA INTEGRADORA	18	CIB-14
CONECTIVOS LOGICOS y FORMAS SILOGISTICAS DINAMICAS	18	CIB-15
INFERENCIA EN LOGICA BORROSA DINAMICA	18	CIB-16



FUNDAMENTOS CIBERNETICOS DE LA INSTRUMENTACION

Felipe Lara Rosano
Centro de Instrumentos, UNAM

RESUMEN

En este trabajo se presenta el control de lo real para controlar el conflicto que se presenta con lo deseado. Este control se basa en la información que se tiene de lo real, por lo que la Cibernética, como la ciencia de la información y del control, participa en su solución. Los instrumentos como parte de la acción modificadora del hombre deben ser analizados desde esta misma perspectiva. En este trabajo se presenta un estudio de los fundamentos cibernéticos de la instrumentación.

ABSTRACT

In this work control of the real thing to control the conflict that is presented with we want is presented. This control is based on the information that we have of the real thing, for that Cybernetics, as the science of information and control, participates in its solution. The instruments like part of the man's modifier action should be analyzed from this same perspective. In this work a study of the cybernetic foundations of the instrumentation is presented.

1. INTRODUCCION

El hombre, en su vivir cotidiano, no se halla aislado sino inmerso en una realidad diversificada que ejerce una influencia decisiva sobre él y sus actos. Esta influencia es, en relación con sus acciones y sus deseos, a veces positiva, favoreciendo el logro de sus metas y otras veces negativa, oponiéndose no sólo al logro de sus acciones, sino representando inclusive un obstáculo para su propia existencia. Así por ejemplo, la llegada del invierno en ciertas latitudes puede constituir un verdadero reto a la supervivencia humana y lo mismo puede decirse de otros fenómenos naturales como los ciclones, las lluvias, las sequias, etc. Entonces el hombre, ante una realidad hostil o no deseable, debe emprender acciones que modifiquen esa realidad, hasta hacerla compatible e incluso favorable a sus propios propósitos.

Así, la historia de la humanidad está caracterizada por etapas de desarrollo en las que el hombre se ha ido imponiendo a la naturaleza haciéndola cada vez más su aliada en el logro de sus fines. Ejemplos de ello lo constituyen el desarrollo de la ganadería, la invención de la agricultura, el aprovechamiento de la energía hidráulica, fósil y nuclear, el aprovechamiento de los recursos marinos, etc.

Ahora bien, para que esta acción humana modificadora de la realidad se presente, es necesario previamente que el hombre perciba la existencia de un conflicto entre lo real y lo deseable ya que, en la medida en que este conflicto sea percibido, se verá motivado a actuar en el sentido de disminuir ese conflicto, modificando la realidad o sus deseos en forma pertinente. Este conflicto entre lo real y lo deseado es lo que constituye un problema. Resolver el problema es entonces controlar lo real o lo deseado de manera que el conflicto desaparezca. Este control debe basarse en la información que se tiene de lo real. Es por ello que se hace necesario involucrar en este proceso a la Cibernética, como la ciencia de la información y del control.

El término Cibernética se deriva del griego *Kybernetes*, que significa: el que controla, el piloto.

Antecedentes de la Cibernética se encuentran en 1943, cuando se publican dos artículos que influyeron notablemente en el desarrollo de ella. En el primero de ellos, Rosenblueth, Wiener y Bigelow (1943) sugirieron distintas formas de conferirles a las máquinas fines y propósitos; es decir, de volverlas teleológicas. El segundo, que fue escrito por McCulloch y Pitts (1943), manifestaba el modo en el que las máquinas podían emplear los conceptos de la lógica y demostró que cualquier ley de entrada-salida puede modelarse a través de una red neural.

Sin embargo, no fue sino hasta 1948, después de la Segunda Guerra Mundial, cuando resurge el pensamiento cibernético-sistémico con el nacimiento de la Cibernética, que fue fundada por el matemático norteamericano Norbert Wiener y por el fisiólogo mexicano Arturo Rosenblueth, quienes acordaron llamar Cibernética al estudio de los mecanismos de información y de control en los seres vivos y en las máquinas.

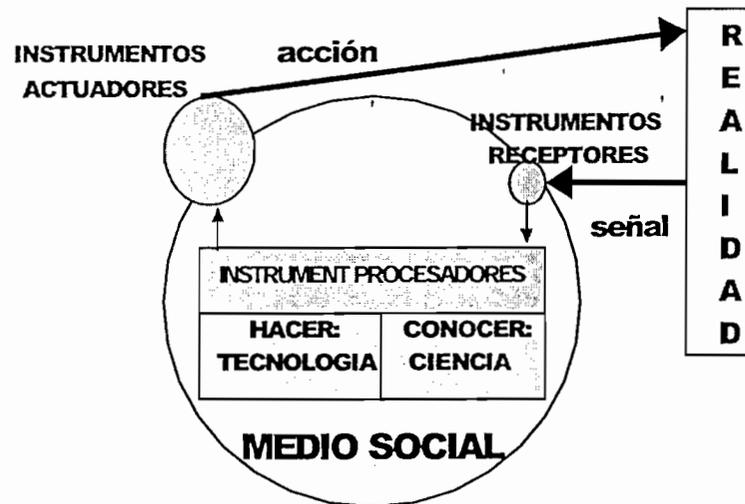
En este enfoque se homologan los procesos de información y control que tienen lugar en el animal y en el hombre con los que tienen lugar en las máquinas más complejas, como los sistemas de control automático, las computadoras y las redes neuronales artificiales.

Al referirse Wiener y Rosenblueth en su definición original (Cibernética: "estudio de la información y control en los animales y en las máquinas"), concretamente a los animales y a las máquinas como los sistemas naturales y artificiales existentes más complejos, la Cibernética adopta necesariamente un enfoque general de sistemas, que le sirve de base para sus desarrollos teóricos.

De todo lo anterior se deriva que dos de los factores fundamentales para resolver problemas de una sociedad dada son, por un lado, el **conjunto de conocimientos** sobre la realidad que maneja esa sociedad en la solución de sus problemas y que adquiere a través de **instrumentos receptores** trabajando en coordinación con **instrumentos procesadores** y, por el otro, el **conjunto de maneras de hacer** cosas para transformar esa realidad y resolver los problemas planteados y que incluyen los conocimientos para saber hacer. Estos

conocimientos se expresan a través de acciones cuya definición requiere de **instrumentos procesadores** y cuya implantación depende de **instrumentos actuadores**.

Esto lo podemos representar en el siguiente esquema:



Para percibir entonces lo real como parte del problema, hay que tener en cuenta que los objetos de la realidad envían distintos tipos de **señales**, tales como ondas electromagnéticas, presiones mecánicas, emanaciones de sustancias químicas, etc que, cuando pueden ser detectadas y analizadas por el hombre, pueden proporcionarle información sobre esos objetos por ejemplo, sus dimensiones espaciales, su forma, su naturaleza. etc. de manera que el hombre pueda identificar ese objeto como parte de un problema. Este proceso de detección de señales del entorno se realiza por medio de los **instrumentos receptores o sensores** que en el hombre están representados por sus cinco sentidos. Por ejemplo: la vista en los animales permite detectar cambios en la posición de los objetos de su medio ambiente, recibiendo e interpretando señales luminosas.

Sin embargo, los sentidos humanos son limitados, tanto en cuanto a la variedad de señales que pueden detectar, como a su rango. Por ejemplo, la vista humana solo puede detectar una pequeña fracción del espectro electromagnético: aquella que designamos como luz y que abarca longitudes de onda que van de 0.4 a 0.76 micras. Para detectar el resto del rico espectro de ondas electromagnéticas hace falta desarrollar instrumentos receptores artificiales, que constituyen una parte del quehacer de la Instrumentación.

Aparte de los receptores o sensores, existen instrumentos que interpretan las señales que provienen de los receptores y determinan lo que se debe hacer en cada caso. Estos son los **instrumentos procesadores**. Un ejemplo de instrumento procesador natural son los centros nerviosos en los vertebrados. Un ejemplo de instrumento procesador artificial es la



computadora de control de una central termoelectrónica automática o el procesador central de un robot.

Finalmente, un tercer tipo de instrumentos son los **instrumentos actuadores**, cuya función es ejecutar la decisión enviada por el instrumento procesador. Un ejemplo de instrumento actuador natural es el músculo que se contrae al recibir el impulso eléctrico del nervio eferente. Un ejemplo de instrumento actuador artificial son los motores de locomoción de un robot.

Con estos medios instrumentales de receptores, procesadores y actuadores puede el hombre construir su conocimiento de la realidad y, a partir de él, planear las acciones que sabe le permitirán modificar dicha realidad para resolver un problema.

De estos dos conjuntos de saberes surgen entonces, por un lado, la **ciencia** como sistematización del conocimiento objetivo y de los procedimientos para adquirirlo, que requiere para poder conocer la realidad, como ya se dijo, de instrumentos receptores y procesadores y por el otro, la **técnica** como conjunto de conocimientos específicos y procesos para hacer algo útil que transforme la realidad y resuelva algún problema, y que requiere para modificar de manera apropiada la realidad, de instrumentos procesadores y actuadores.

Estos saberes del **qué** y del **cómo** en un principio fueron independientes uno del otro, pues el hombre aprendió a cultivar la tierra y a emplear plantas medicinales milenios antes que conociera los mecanismos biológicos detrás de la agricultura y de las propiedades curativas de las plantas. Sin embargo, a partir de la Revolución Industrial y del desarrollo explosivo de la física, la química y las matemáticas en el Siglo XIX, las dos disciplinas se entretajan y quedan imbricadas cada vez más en tal forma que en la actualidad todo adelanto científico está condicionado a que la técnica se desarrolle hasta que le pueda ofrecer los instrumentos receptores, procesadores y actuadores que necesita para la experimentación y la verificación de hipótesis. Por otro lado, no se pueden ofrecer instrumentos receptores, procesadores y actuadores, a la altura de los requerimientos de la ciencia, que no tengan que utilizar los grandes avances técnicos fundamentados en el progreso científico.

Así, en técnica, el desarrollo de la fibra óptica, que es la base de las redes de telecomunicaciones y de computadoras (instrumentos procesadores) fue posible gracias al avance científico en la óptica y la física del estado sólido.

Por otro lado, en la ciencia, el descubrimiento de los quarks, que constituyen las unidades constructivas de las partículas atómicas, base de la materia, ha sido posible gracias al desarrollo de la técnica para construir gigantescos aceleradores de partículas (instrumentos actuadores), detectores de partículas (instrumentos receptores) y computadoras y programas para interpretar los datos experimentales (instrumentos procesadores).



Es a través de estas reflexiones sobre las relaciones entre ciencia y técnica, que adquiere la máxima relevancia el papel de la Instrumentación.

2. TECNICAS CENTRALES, ESPECIFICAS Y DE PRODUCCION.

Considerando que la Instrumentación es la parte de la técnica que se encarga del desarrollo de instrumentos receptores, procesadores y actuadores que ayuden a resolver problemas científicos y técnicos, analizaremos a continuación algunos conceptos básicos de la técnica para aplicarlos a la Instrumentación.

La técnica, como conjunto de saberes de una sociedad para hacer algo, está sustentada en un conjunto de las llamadas **técnicas centrales**, que son técnicas desarrolladas alrededor de un fenómeno específico de tipo físico, químico o biológico. Por ejemplo, una técnica central lo sería la correspondiente al rayo láser, derivada del fenómeno físico llamado "amplificación de luz estimulada por la emisión de radiación", cuyas iniciales en inglés (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) corresponden a la palabra LASER. La segunda mitad del siglo XX se inició con el desarrollo de un conjunto de técnicas centrales, entre las que destacan: la energía nuclear, la turbina de gas, el transistor, la microelectrónica, la computadora digital, el control automático, la televisión, la audio y videocinta magnética, los satélites artificiales, las microondas, el rayo láser ya mencionado y la xerografía.

Cuando en el ámbito de una de las grandes ramas técnicas se intenta aplicar una técnica central, surgen problemas de adaptación que tienen que resolverse mediante el desarrollo de las llamadas **técnicas específicas**. Así, por ejemplo, el disco compacto es una técnica específica desarrollada al tratar de utilizar la técnica central del rayo láser en la grabación y reproducción de información, sonido e imágenes.

Finalmente, una vez desarrollado un nuevo producto técnico, es necesario fabricarlo en serie para el mercado. Es aquí donde se requieren **técnicas de producción** en masa. Por ejemplo, las técnicas para el "quemado" de discos compactos.

Estos tres tipos de técnica deben interactuar estrechamente de manera que el avance científico y técnico se pueda traducir efectivamente en un cambio beneficioso de la manera cómo se produce, es decir, en una innovación técnica.

En la actualidad la solución de los problemas sociales como alimentación, educación, salud y vivienda se considera muy relacionada con la capacidad técnica de cada país de aprovechar más efectivamente sus recursos naturales y de insertarse en una economía global, con un nivel competitivo en relación con el resto de las naciones, que permita colocar sus productos ventajosamente en el mercado internacional.



Esta situación hace imperativos el desarrollo y la adopción de nuevas filosofías y enfoques relacionados con la planeación, el análisis, el diseño, la gestión y el control en todas las ramas de la técnica, incluyendo en forma fundamental la Instrumentación, así como la utilización de técnicas innovadoras que permitan lograr una mayor ventaja competitiva.

3. PROCESOS EN LA INNOVACION TECNICA EN INSTRUMENTACION

Designaremos como innovación técnica en instrumentación a la adopción de un nuevo instrumento, generado y desarrollado en el seno de una sociedad, que le permite mejorar la solución de uno de sus problemas.

El proceso de innovación técnica en instrumentación abarca cuatro fases: la investigación, el desarrollo técnico del instrumento, la aplicación y adopción del instrumento y su perfeccionamiento. A continuación se explicarán cada una de estas fases.

3.1. INVESTIGACION.

La investigación es la generación de conocimiento científico, es decir, objetivo, sistematizado y válido universalmente, en el marco de un paradigma.

La investigación, dentro del proceso de innovación técnica, tiene dos etapas: la investigación básica y la investigación aplicada.

La investigación básica se orienta a la generación de conocimiento científico sobre la naturaleza y la sociedad. Sus centros de actividad son las universidades y su calidad es evaluada mediante el número de publicaciones en revistas arbitradas de nivel internacional que genera y el número de citas que conjunta en la literatura científica. El criterio fundamental que hay detrás de estas formas de evaluación es la valoración que hacen los pares del investigador de su obra y el impacto que esta tiene en el avance científico.

Una contribución de investigación básica conlleva un costo C y un tiempo T que servirán de base de comparación para las demás fases de la innovación técnica.

La investigación aplicada se centra en la búsqueda de una solución original de un problema, que mejore las soluciones disponibles, si es que las hay. Los centros donde se cultiva son los centros de investigación aplicada y su calidad es evaluada por el cliente para quien se desarrolló la solución del problema y por los pares del investigador. El criterio que se sigue es la eficacia y eficiencia de la solución desarrollada.

La investigación aplicada tiene en términos generales un costo promedio entre una y tres veces del costo de la investigación básica sobre la que se basa, pero se le demanda que entregue resultados en una mitad del tiempo empleado por dicha investigación básica.



3.2. DESARROLLO TECNICO DEL INSTRUMENTO

El desarrollo técnico es la actividad que tiene por objeto concebir, diseñar y construir un artefacto original que cumpla una función dada, en el proceso de solución de un problema.

El desarrollo técnico, dentro del proceso de innovación técnica en instrumentación, tiene dos etapas: la invención del instrumento y el desarrollo de un prototipo fabricable industrialmente.

La invención del instrumento es el proceso en el que se genera un artefacto original, que funciona adecuadamente en la práctica como receptor, procesador o actuador, para resolver un problema. La invención se orienta hacia el empleo novedoso de una técnica central o específica como núcleo del instrumento. El invento de instrumentos se genera en los centros de desarrollo tecnológico y la calidad de sus productos se evalúa por las patentes nacionales e internacionales concedidas.

En general la invención tiene un costo promedio entre dos y cuatro veces el de la investigación básica en la que se funda, pero se le demanda que se complete en el tercio del tiempo requerido por ésta.

El desarrollo del prototipo industrial es, para el caso de un instrumento, el procedimiento en el que se diseña el instrumento con la apariencia final que tendrá cuando se le introduzca al mercado y capaz de ser fabricado industrialmente.

El desarrollo del prototipo industrial se dirige hacia el empleo de técnicas específicas que le dan a aquél sus propiedades características y su calidad se evalúa por las patentes nacionales o internacionales que obtiene y por las oportunidades que se detectan en el mercado para su aceptación. Los centros que se orientan al desarrollo de prototipos industriales son los laboratorios públicos o privados de investigación y desarrollo.

Esta etapa tiene en general un costo promedio entre cuatro y ocho veces el de la investigación básica en la que se funda, pero se le demanda que se complete en la quinta parte del tiempo requerido por ésta.

4. APLICACION Y ADOPCION DEL INSTRUMENTO

La aplicación y adopción técnica tiene, en el marco de la innovación técnica, dos etapas: la mejora de los procesos de manufactura y la creación de mercados para el producto.

La mejora de los procesos de manufactura del instrumento se fundamenta en el desarrollo de nuevas y mejores técnicas de producción del mismo. Esta actividad se desarrolla en los departamentos de ingeniería de las empresas industriales y los resultados se evalúan por el ahorro en los costos de producción.



Esta etapa tiene en general un costo promedio entre seis y doce veces el de la investigación básica en la que se funda, pero se le requiere que se complete en la quinta parte del tiempo requerido por ésta.

La creación de mercados para el instrumento se orienta a actividades de mercadotecnia y publicidad para facilitar la comercialización de éste e instituir su consumo voluntario en un sector dado. Esta tarea la realizan los departamentos de mercadotecnia de las empresas y sus resultados son evaluados por el nivel de ventas del producto. Esta etapa requiere una inversión promedio entre quince y veinticinco veces el costo de la investigación básica que generó la primera idea de solución, pero se le requiere que se complete en la octava parte del tiempo.

5. PERFECCIONAMIENTO DEL INSTRUMENTO

El perfeccionamiento del instrumento se fundamenta en las mejoras en la presentación, la calidad y el costo del mismo, así como una variación más amplia del mismo para adaptarse mejor a diferentes mercados.

Esta fase se realiza en los departamentos de ingeniería y diseño de las empresas y su éxito se evalúa por el incremento de la participación en el mercado del producto. Su costo promedio se encuentra entre 30 y 40 veces el costo de la investigación básica respectiva pero se requiere que se efectúe en una quinta parte del tiempo de ésta.

6. FINANCIAMIENTO DE LOS PROCESOS DE INNOVACION TECNOLOGICA

Al analizar el proceso de innovación técnica que da origen a una mayor competitividad hemos comentado los rangos de costos que acompañan cada una de sus etapas. Ahora bien, estos costos deben ser aportados ya sea por el gobierno o por la iniciativa privada.

En el caso de los países desarrollados tales como los Estados Unidos, Japón y los países de Europa, el gobierno contribuye a financiar tanto la investigación básica, como la investigación aplicada, la invención y el desarrollo de prototipos industriales, en tanto que la iniciativa privada financia totalmente la mejora de los procesos de manufactura, la creación y la ampliación de mercados y contribuye también a financiar la investigación básica, la investigación aplicada, las invenciones y el desarrollo de prototipos industriales.

Si ahora analizamos el caso de México, el gobierno es el único que financia la investigación básica y una pequeña porción, totalmente insuficiente, de la investigación aplicada. La iniciativa privada mexicana, en cuanto a la Instrumentación se refiere, financia solo una pequeña porción de la etapa de mejora de procesos de manufactura y la etapa de creación de



mercados para ciertos productos. Lo grave del caso es que, al no haber financiamiento para las etapas intermedias, el proceso de innovación técnica simplemente no puede darse, quedándose el país en la dependencia y el atraso técnico en el campo de la Instrumentación.

7. CONCLUSIONES

Dos de los elementos fundamentales del estilo de vida y la cultura de una sociedad dada son, por un lado, el conjunto de conocimientos que maneja esa cultura en la solución de sus problemas y, por el otro, el conjunto de maneras de hacer cosas para transformar esa realidad y resolver los problemas planteados y que incluyen los conocimientos para saber hacer. De estos dos conjuntos de saberes surgen, por un lado, la **ciencia** como sistematización del conocimiento y de los procedimientos para adquirirlo y por el otro, la **técnica** como conjunto de conocimientos específicos y procesos para hacer algo.

Para proceder al desarrollo tanto de la ciencia como de la técnica, la Cibernética, como ciencia de la información y el control, requiere utilizar instrumentos receptores, procesadores y actuadores que permitan, tanto el conocimiento de la realidad como la modificación de la misma en los términos adecuados para la solución de los problemas de la sociedad en cuestión.

Así, en las últimas décadas, el desarrollo mundial de la técnica se ha orientado a apoyar a las disciplinas relacionadas con la Instrumentación, el control y la información, que por definición están asociadas con la Cibernética. En efecto, estas técnicas servirán de base al desarrollo científico y técnico del siglo XXI, por lo que la investigación y la formación de personal de alto nivel en Instrumentación y áreas afines, constituye una de las grandes prioridades para que un país pueda lograr un grado aceptable de eficiencia en el uso de sus recursos y mantenerse en el nivel requerido de avance científico y técnico en las próximas décadas.

INVESTIGACION		DESARROLLO TECNICO DEL INSTRUMENTO		APLICACION Y ADOPCION		PERFECCIONAMIENTO
BASICA	APLICADA	INVENCIÓN DEL INSTRUMENTO	DESARROLLO PROTOTIPO INDUSTRIAL	MEJORA DE PROCESOS DE MANUFACTURA	CREACION DE MERCADOS	AMPLIACION DE MERCADOS

Public, Cit, Pares	Ciente, Pares	Patentes	Patentes, Oportun	Ahorro costos de prod.	Ventas	Participación en el Mercado
CONOCIMIENTO DE NATURALEZA Y SOCIEDAD	SOLUCION DE UN PROBLEMA	DESARROLLO DE TECNICA CENTRAL	DESARROLLO DE TECNICAS ESPECIFICAS	DESARROLLO DE TECNICAS DE PRODUCCION	COMERCIALIZACION Y CONSUMO	MEJORAS Y VARIACION

UNIVERSIDADES	CENTROS DE INVESTIG. APLIC.	CENTROS DE DES. DE TECNOLOGIA	LABORATORIOS DE INGENIERIA DE PRODUCTO	DEPARTAMENTOS MERCADOTECNA	DEPARTAMENTOS DE INGENIERIA	DEPARTAMENTOS
---------------	-----------------------------	-------------------------------	--	----------------------------	-----------------------------	---------------

\$	1 - 3 \$	2 - 4\$	4 - 8 \$	6 - 12 \$	15 - 25 \$	30 - 40\$
----	----------	---------	----------	-----------	------------	-----------

T	T/2	T/3	T/5	T/5	T/8	T/5
---	-----	-----	-----	-----	-----	-----

PAISES DESARROLLADOS PATROCINIO GOBIERNO

PAISES DESARROLLADOS PATROCINIO INICIATIVA PRIVADA

MEXICO GOBIERNO MEXICO INICIATIVA PRIVADA

FIGURA 2. FASES Y PROCESOS DE LA INNOVACION TECNOLOGICA