

Política Hídrica y Cambio Tecnológico en tecnologías aplicadas al Tratamiento de las Aguas Residuales

Patricia Ramírez Guardado

María del Pilar Longar Blanco

Hortensia Gomez Viquez

Instituto Politécnico Nacional IPN-Centro de Investigaciones Económicas Administrativas y Sociales CIECAS

Resumen

El propósito del presente trabajo, fue analizar el impacto de la Política Hídrica en materia de Cambio Tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales en el Distrito Federal, en el periodo de 1970 a 2010, en concreto sobre los equipos que son considerados como estratégicos durante el proseguir del proceso de tratamiento de aguas residuales que lleva a cabo la planta “Cerro de la Estrella” que corresponden a la clasificación internacional de patentes F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 y F04D17/16. El interés obedece a identificar que países han desarrollado equipos de desplazamiento dinámico, así como la evolución que han tenido en el tiempo e identificar la incidencia que ha tenido la política pública en específico, en la Política Hídrica mexicana (programas sectoriales; tendencias acerca del ingreso y gasto del gobierno local en infraestructura y obras hidráulicas, planes y leyes para la regulación y gestión de los recursos hídricos) en la tendencia de patentamiento en México, la falta de incentivos para el desarrollo tecnológico doméstico del sector y la adquisición de tecnologías mejoradas, señaladas en el análisis de patentes y construcción de la trayectoria tecnológica. Las regulaciones ambientales se crean con el propósito de generar efectos positivos en el desarrollo tecnológico y favorecer la innovación en este campo, en este sentido, se espera que esquemas estrictos de política pública impulsen a las empresas a tomar decisiones a favor del cambio tecnológico. No obstante, en el caso de la infraestructura hídrica para el tratamiento de aguas residuales en el D.F. esta hipótesis no se ha cumplido. Actualmente, las plantas tratadoras de agua tienen una infraestructura obsoleta, concentrada en aumentar la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales (cambio tecnológico en el proceso) y no en desarrollar tecnologías para obtener agua potable de uso doméstico (cambio tecnológico en el producto) en lugar de agua recuperada para uso industrial.

Palabras clave: política hídrica, cambio tecnológico, infraestructura hidráulica, tratamiento y reuso de aguas residuales.

**La presente investigación se derivó de los proyectos SIP-IPN 2010170-20110260-20100542-20110930. Apoyo SIBE y EDI que se agradece.*

1. Introducción

Actualmente, el tema del agua se ha convertido en un eje estratégico, debido a los grandes retos que enfrenta en materia tecnológica para su óptimo abastecimiento, distribución, tratamiento y reutilización.

La incapacidad e ineficiencia de la infraestructura hídrica para el tratamiento del agua residual, pone de manifiesto la vulnerabilidad del Distrito Federal, para hacer frente a inundaciones causadas por la abundante agua de lluvia que satura el drenaje y contrarrestar la escasez que sufren permanente algunas de sus Delegaciones. El tratamiento de aguas residuales en el Distrito Federal, apenas llega a 40.5 m³ /segundo, lo que aun significa un reto para optimizar su recuperación. Cuestiones que se han venido agudizando desde los inicios de la Política Hídrica, cuyo propósito ha sido aumentar la oferta de servicios de agua potable y alcantarillado ante el crecimiento demográfico, propiciando la sobreexplotación y contaminación de las principales fuentes de abastecimiento de la Ciudad de México, debido a la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento.

Uno de los factores que obstaculiza aumentar el volumen de agua residual tratada, es el estado actual de los equipos que se emplean en las plantas de tratamiento, en especial de la planta de tratamiento “Cerro de la Estrella”, para lo cual se realizó un inventario, mismo que sirvió de base para la construcción de la trayectoria tecnológica, tomando únicamente aquellos considerados como estratégicos durante el desarrollo del proceso; equipos de desplazamiento no positivo que incluyen turbocompresores, compresores y sopladores centrífugos con clasificación internacional F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 y F04D17/16, a partir de la cual se hizo la búsqueda de patentes en los dos mercados más importantes para la protección industrial: Europa, Estados Unidos y México. El propósito fue analizar las mejoras tecnológicas incorporadas a los equipos en los tres mercados antes mencionados respecto de los que se emplean en “Cerro de la Estrella”, los resultados fueron contundentes; los equipos no han sido reemplazados en más de 20 años; comparando con Estados Unidos y Alemania; mercados en donde se están fabricando tecnologías de alto rendimiento y eficiencia energética, esto obedece a que la Legislación Hídrica a nivel Federal y local no ha generado el desarrollo tecnológico del sector, cuestión que sitúa al país con un alto índice de dependencia tecnológica.

El objetivo de la investigación, fue demostrar que la Política Hídrica, no ha generado los incentivos necesarios para impulsar el cambio tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

En este sentido, la presente investigación, analiza el impacto de la Política Hídrica en el Cambio Tecnológico de la Infraestructura para el Tratamiento de las Aguas Residuales en el periodo de 1970 a 2010.

1.1 Elementos Teóricos de la Investigación

Específicamente el efecto de la política pública en los procesos de innovación se ha estudiado desde diferentes enfoques. En el modelo de Sistema Nacional de Innovación, se reconoce a un conjunto de actores involucrados en el proceso de desarrollo tecnológico, facilitando el análisis de las interacciones entre empresas, generadores de tecnología, consumidores y patrones de cambio tecnológico, como base para el desarrollo de políticas públicas, según Solleiro, Luna y Castañón, (2009). En este enfoque se encuentran otros autores como Lundvall (1992), Nelson (1993) y Lall (1992).

En el enfoque evolucionista, Dosi y Capadville (2003), exponen que los ámbitos micro económico, meso económico y macro económico son las bases sobre las cuales se desarrollan las capacidades tecnológicas de las empresas que llevan a la innovación, así mismo, destaca el papel de las instituciones y de la política pública como agentes impulsores de tal proceso.

En el modelo de capacidades nacionales, Stern, Porter y Furman (2000), reconocen la necesidad de una infraestructura común para la innovación, misma que ubica a la política gubernamental como un instrumento que favorece al desarrollo tecnológico.

Por su parte, en el esquema de redes para la innovación, Niosi, et. al. (1993) considera al Estado como el principal agente detonador de la innovación, puesto que es el elemento que tiene tanto la capacidad para organizar a diferentes actores, como para financiar y abarcar varios desarrollos tecnológicos.

Los enfoques abordados dan evidencia del efecto de las instituciones y de la política pública en el país, estos elementos pueden contribuir a fortalecer o debilitar las capacidades tecnológicas de las empresas y, por lo tanto, afectar al proceso de innovación. En suma, en este trabajo, se reconoce que el efecto de la política pública en el desarrollo tecnológico está inmerso en los ámbitos macro económico, meso económico y micro económico. Los modelos expuestos proporcionan los elementos teóricos que sustentan el supuesto de esta investigación: la Política Hídrica debe tener algún efecto en el proceso del cambio tecnológico de la infraestructura disponible para el tratamiento de aguas residuales.

La política pública debe ser el medio de integración de esfuerzos entre los diferentes actores, de tal forma que contribuya a fortalecer las capacidades tecnológicas de las empresas necesarias para la administración y generación del cambio tecnológico, refiere Cimoli, (2000). Esta investigación se inscribe en este tenor de ideas, específicamente en el ámbito de la Política Hídrica y el Cambio Tecnológico en la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales.

2. Cambio Tecnológico en la Infraestructura para el Tratamiento de Aguas Residuales (TAR) en el D.F. de la Ciudad de México. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) “Cerro de la Estrella”

En este apartado, se desarrolla la evidencia empírica de las tecnologías que se emplean en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Cerro de la Estrella”, ubicada en la Delegación Iztapalapa, Distrito Federal, así como la trayectoria tecnológica de estas (patentes) y los objetivos-metas de la Política Hídrica, con el propósito de analizar si la política pública incide en el cambio tecnológico de la infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales.

Las fuentes de información que conformaron este estudio fueron: 1) primaria: proviene de la investigación de campo que se realizó durante la visita a la planta “Cerro de Estrella”; 2) documental: patentes. En ambos casos se requirió abordar el periodo de 1970-2010.

2.1 Tecnologías y equipos empleados en la PTAR “Cerro de la Estrella”

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “Cerro de la Estrella”, fue construida en 1969 y puesta en operación en 1971, inicialmente solo se realizaba tratamiento secundario. Entre 1984 y 1993, se amplía el nivel de tratamiento a terciario, siendo su principal insumo el agua combinada (domestica, lluvia y de servicios), misma que es conducida por el colector Río Churubusco. El agua que recibe proviene de la Planta de Bombeo Aculco, a través de una línea de conducción de 183cm de diámetro y una longitud aproximada de 6.55km.

El proceso de tratamiento de aguas residuales principia en la recepción, conducción y regulación del agua a tratar, en esta fase se emplea tanto equipo hidráulico, electromecánico y obra civil, por ejemplo: bombas centrífugas, tubería, válvulas, motores, estaciones de botones, protectores térmicos, arrancadores, cableado y cárcamos. Es importante contar con varias unidades de bombeo con capacidad suficiente para bombear el caudal máximo previsto para realizar los programas de mantenimiento preventivo y correctivo.

Posteriormente, se pasa al tratamiento preliminar, su objetivo es acondicionar las aguas residuales para evitar averías en los equipos de bombeo, inhibir la incrustación y obstrucción de basura en las líneas de conducción, además de la separación de material flotante. El equipo que se emplea es tubería, bombas (en algunos casos), tubería de conducción de aire, difusores, cabezales de distribución, motores, arrancadores, cableado, sopladores o compresores.

En el tratamiento primario, se realiza la separación de sólidos sedimentables, separación de grasas, aceites y materia flotante, la sedimentación primaria se hace por gravedad y los equipos que intervienen son, tubería, drenaje, motoredutores, arrancadores, tanques de sedimentación, rastras, vertedores y canaletas de recolección (SOS, 1986).

En el nivel secundario de tratamiento con lodos activados, se provee de los requerimientos de nutrientes y oxígeno necesarios para la degradación de la materia orgánica, mantener la suspensión de la biomasa y romper la espuma ocasionada por el movimiento del licor mezclado por el aire comprimido.

El proceso de lodos activados, consiste en la biodegradación de una parte de la materia orgánica contenida en el agua residual, llevada a cabo por microorganismos que la utilizan como medio de subsistencia y que producen a partir de ella compuestos estables, dando como resultado la siguiente ecuación:

Materia Orgánica + Microorganismos Sustancias orgánicas estables + Agua + Dióxido de carbono

Los equipos que se emplean en el nivel secundario de tratamiento son: tubería, compresores o sopladores (incluyendo filtros de aire), motores para bombas de recirculación, arrancadores, cableado, aereadores, tanque de sedimentación, rastras y drenaje.

Los lodos activados, es un proceso que se ha empleado desde los inicios de la planta “Cerro de la Estrella” hasta la actualidad, durante este tiempo, ha sido operado mediante reglas no documentadas y basadas en el conocimiento tácito del personal más antiguo, sin embargo, el aumento en cantidad y variedad de las descargas industriales al drenaje de la ciudad, de donde se suministra el caudal de alimentación a las plantas de tratamiento ha rebasado la capacidad de la infraestructura disponible, instalaciones y recursos humanos en esta área.

Finalmente, en el nivel terciario se pretende mejorar el efluente, resultado del tratamiento biológico secundario, a través de la filtración con antracita, arena y grava, con el objeto de eliminar la mayor cantidad de bacterias patógenas y nutrientes en suspensión, posteriormente se pasa al área de desinfección con cloro. Los equipos participantes en esta última etapa son: tubería, bombas dosificadoras de cloro, motoredutores, cableado y tanques de almacenamiento de cloro. El cuadro 1, detalla los equipos que intervienen en el proceso, así como el tiempo de vida aproximado; cuantos están instalados y operando.

En su mayoría, el equipo que interviene durante el proceso es electromecánico, este se compone de bombas verticales y sumergibles que operan a través de un motor, compresores, sopladores centrífugos y turbocompresores. Hay equipos que han sido reemplazados, tal es el caso de los dispersores, encargados de homogenizar la cantidad de aire, con el objeto de expandir el oxígeno en el bioreactor. En un principio fueron de piedra,

con un tiempo de vida de 24 años, para pasar a los de cerámica, con un tiempo de vida 16 años y posteriormente a los de membrana que tienen 8 años de haber sido sustituidos.

Cuadro 1. Inventario de equipo involucrado en el proceso

Infraestructura	Equipo	Marca	Tiempo de vida	Instalado	Operación
Cisterna de agua potable	2 Bombas sumergibles 15 hp		2 años	2	2
Cuarto de control de motores	40 Arrancadores de 60 hz 20 Arrancadores de 60 hz	Squared Siemens General pacific General electric	2 años 15 años	60	50
Edificio de cloración	1 Polipasto 10hp		20 años	1	1
Tanque de cloración	2 Dosificadores de cloro de 900kg día			2	2
Planta Piloto de Tratamiento Avanzado					
Zona de filtros	2 Bombas 2 Motores 60 hp 4 Unidades de potencia 4 Motores horizontales 2 Compresores 2 Motores 5hp	Us Siemens	2 años 20 años 4 años	2 4 1	2 4 1
Subestación eléctrica	3 Transformadores 1200 kva 2 Transformadores 1500 kva 2 Transformadores 1000 kva	Voltran y Telsa	12 a 15 años	7	5
Tanque de recuperación	4 Equipos de bombeo 2 Motores 60 hp, 125 hp 1 Motor 75 hp 1 Motor 150 hp	Ocelco Us Siemens IEM	15 años	4	Fuera de operación
Sedimentación secundaria norte	8 Motores 0.5 hp 10 Motores 40 hp	IEM y Siemens	2 años	8 10	8 5
Sedimentación secundaria sur	4 Motores 7 Motores 40 hp 17 Bombas	Siemens Emerson Us Fairban, Morse, Gorman Rup		4 7 17	4 4 9
Aereación Norte	6,500 Difusores piedra Difusores ceramica Difusores membrana		24 años 14 años 8 años	6500	6500
Edificio sopladores	SALA 1 Sopladores 3 Sopladores 1 Soplador 1 Soplador 1 Soplador 6 Motores SALA 2 Sopladores 3 Sopladores 1 Soplador 2 Motores 1 Motor 1 Motor	Turblex Turblex Roots K Hoffman Hoffman Toshiba Vsmetters Reliance	20 años 2 años 9 años 24 años 20 años 2 años 10 años 10 años 10 años	6 4 4	5 Fuera de serv. 2 2
Torre de enfriamiento	1 Motor del ventilador vertical 15 hp 2 Bombas 4p hp horizontal 2 Bombas 10 hp sumergibles	Siemens	 2 años 2 años	 4 4	 1 4
Selector anoxico (Bioselector)	14 motores (2) 15 hp y (12) 7.5hp	Flender	2 años	14	14
Sedimentación primaria	8 Motores 0.5hp 4 Motores 0.5hp	Siemens Siemens	2 años 2 años	8 4	8 4
Caja distribuidora lado sur	1 Criba 1 Motor 5hp	Hedworks Baldor	2 años 2 años	1	1
Carcamo de salida	7 Equipos de bombeo 1 Motor 300 hp 2 Motores 300hp 1 Motor 300hp 1 Motor 200hp 1 Motor 150hp 1 Motor 200hp	Westinghouse IEM Us IEM IEM General electric	5 a 6 años 5 a 6 años	7	7

Fuente: Elaboración propia, con datos proporcionados en investigación de campo, 2010.

Existen equipos que no han sido reemplazados por más de 20 años, lo cual se traduce en obsolescencia de la infraestructura, vulnerabilidad en la operación, disminución de la eficiencia y el rendimiento de los equipos, además de desventajas frente a otros países que se encuentran desarrollando nuevos procesos y tecnologías para el óptimo tratamiento de las aguas residuales tales como Estados Unidos y Alemania; países de donde provienen la

mayoría de los equipos empleados en “Cerro de la Estrella” y a la lista se une Japón que también ha puesto especial atención en desarrollar tecnología de punta en este sector. Por recomendación de los proveedores, los equipos deben ser reemplazados en un periodo no mayor a 5 años.

El tratamiento de aguas residuales requiere de grandes volúmenes de baja presión (5 a 20 psig) de aire, por ello la selección de ventiladores de aireación es vital, puesto que requieren más del 65% de la energía empleada en una planta de tratamiento de aguas residuales (Turblex, 2010). Los equipos que se emplean en “Cerro de la Estrella” y que cubren con estas características son los sopladores centrífugos Roots de la empresa Dresser, sopladores Hoffman de Gardner Denver y Turblex de Turblex; empresa que recientemente adquirió Siemens. Todas las empresas son de origen estadounidense, excepto Siemens que es alemana.

2.2 Cambio Tecnológico en Equipos Estratégicos en el Proceso de Lodos Activados: estudio a través de patentes.

En el análisis de patentes que se realizó, en torno a los equipos (bombas, turbocompresores, compresores y sopladores centrífugos) que se consideran como estratégicos durante el proseguir del proceso de tratamiento de aguas residuales que lleva a cabo en la planta “Cerro de la Estrella”, previamente explicado, se tomo como muestra las patentes publicadas de las siguientes clasificaciones:

F04D1/00.- Bombas de flujo radial, p. ej. bombas centrífugas; bombas helicentrífugas (adaptadas para bombear líquidos particulares)

F04D1/06.- Bombas de etapas múltiples

F04D17/00.- Bombas de flujo radial especialmente adaptadas para fluidos compresibles, p. ej. bombas centrífugas ; Bombas helicentrífugas especialmente adaptadas para fluidos compresibles

F04D17/12.- Bombas de etapas múltiples

F04D17/16.- Para desplazamiento sin compresión notable

A nivel general, la clasificación internacional F04D, se refiere a bombas y aparatos de desplazamiento no positivo.

La muestra fue tomada de la oficina de patentes de México, Sistema de Información de la Gaceta de la Propiedad Industrial (SIGA), Europa (EUROPAT) y Estados Unidos, (USPTO), debido a que las dos últimas son consideradas como los mercados tecnológicos más importantes para la protección industrial, y México se considera porque el objeto de estudio está ubicado justo en este país.

En EUROPAT, la muestra está constituida por patentes publicadas. Es importante señalar que la solicitud de patente se publica a los 18 meses, siempre y cuando haya cumplido con los requisitos de forma, para posteriormente otorgar la patente a los inventos que cubran con los requisitos de fondo (invento, utilidad industrial y que sea novedoso). Por lo que, no todas las solicitudes se publican, y no todas las solicitudes de patente publicadas se otorgan. En esta oficina no está disponible la opción de hacer la búsqueda por patentes otorgadas, únicamente por patentes publicadas. En el caso de la USPTO Y SIGA, la búsqueda se realizó a partir de las patentes otorgadas.

Cabe destacar que la información de patentes, no es homogénea en las tres oficinas de las que recopiló la información, en el caso de México solo se encontraron patentes del año 1970, 2002, 2007 y 2008, en la oficina Europea no se encontraron patentes del periodo de 1971 a 1979, 1984, 1985 y 1988, y en la Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos, USPTO se omitieron varios años por tratarse de aparatos distintos a los que interesan en este trabajo, dichos años son: 1977, 1982, 1986-1987, 1990 y 2006-2009. En esos se considera que el número de patentes es “0”.

Otro aspecto que resulta importante mencionar, es el hecho de no haber tomado todas las patentes arrojadas en las búsquedas por campo tecnológico, debido a la presencia de patentes de aparatos de desplazamiento no positivo, pero no de aplicación industrial.

Por otro lado, los datos que se extrajeron de los documentos de patentes son: la fecha de publicación, título de la patente, fecha de solicitud, fecha de otorgamiento, fecha de prioridad, la clasificación internacional y para Estados Unidos, la clasificación interna, descripción de la patente, adicionalmente se calculó el índice de dependencia tecnológica para el caso de México.

Finalmente, se construyó la trayectoria tecnológica, a partir de los cambios discretos que han tenido las tecnologías en EUROPAT (1980-2010), USPTO (1976-2004) Y SIGA (2008). Con el fin de analizar la incidencia de la Política Hídrica en el desarrollo de tecnológico y la modernización de la infraestructura para el tratamiento de aguas residuales en el Distrito Federal, específicamente en el caso de los sopladores, se comparó de forma cualitativa la trayectoria tecnológica con la evolución de la Política Hídrica en el tiempo, a fin de detectar si hubo o no algún efecto.

3. Evidencia Empírica. Análisis de la Tecnología

La dinámica de patentamiento, (distribución de patentes registradas en los diferentes mercados tecnológicos, en este caso: Estados Unidos, Europa y México) en México en equipos de desplazamiento no positivo, pertenecientes a las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 y F04D17/16, entre los que se encuentran los sopladores

centrífugos, turbocompresores, bombas sumergibles y bombas verticales, apenas alcanza el 2%, mientras que en Europa es del 62% y Estados Unidos del 36%. Este comportamiento, obedece a factores como debilidad en la legislación mexicana en materia de protección industrial y al tiempo de respuesta para el otorgamiento de una patente.

La gráfica 1, muestra el porcentaje de patentes que otorgo México, en el periodo de 1970-2010 en comparación a los dos mercados más importantes a nivel mundial: Europa y Estados Unidos.

Gráfica 1. Porcentaje de patentes por oficina: SIGA, EUROPAT y USPTO

Porcentaje de patentes por oficina, México SIGA,
EUROPAT y USPTO

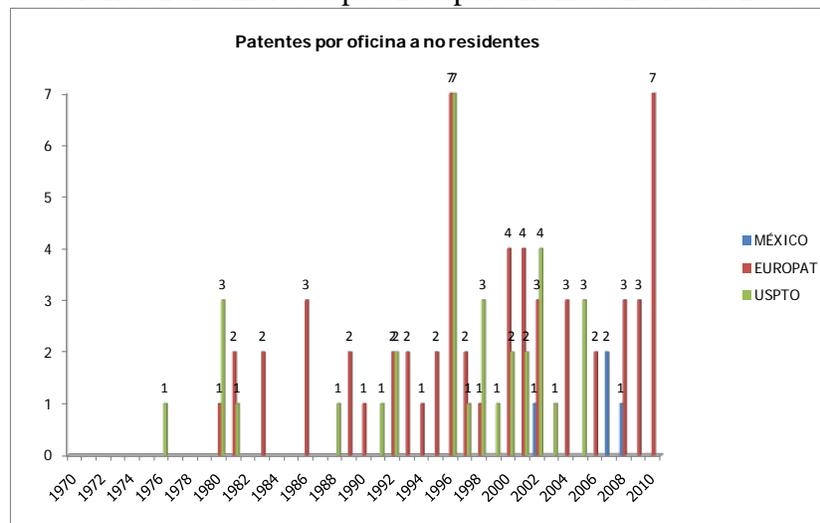


Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).

Como se puede observar, México es el país con menos patentes otorgadas a diferencia de las otras dos oficinas, solo ha otorgado cinco patentes de este tipo de equipos a lo largo de 30 años, por su parte Estados Unidos ha otorgado 79 patentes relacionadas con sopladores, bombas y compresores, pero su comportamiento ha sido inestable, de 1996-1998, fue el periodo con mayor número de patentes otorgadas. Europa, cuenta con 137 patentes de equipos de desplazamiento no positivo y presenta una tendencia más continua respecto a Estados Unidos y por supuesto México.

En materia de patentes otorgadas por oficina a no residentes, México tiene un papel más activo al otorgar el 80% de las patentes a inventores o empresas extranjeras, sin embargo, hay que tener presente que la muestra tomada de la oficina de México no es equiparable a la de Estados Unidos, que tiene un comportamiento muy similar al de Europa al otorgar el 42% de las patentes a extranjeros. Gráfica 2.

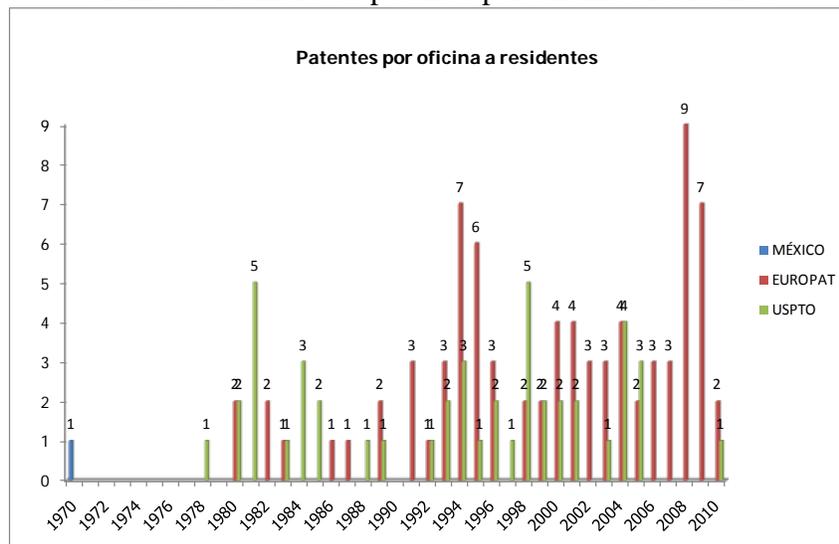
Gráfica 2. Número de patentes por oficina a no residentes



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).

Contrastando, el otorgamiento a residentes en México es del 20%, Estados Unidos y Europa continúan con un comportamiento de concesión al otorgar el 58% de las patentes por lo que se puede decir que le da preferencia más a sus nacionales. Gráfica 3.

Gráfica 3. Número de patentes por oficina a residentes



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, EUROPAT Y USPTO (1970-2010).

Es importante destacar que actualmente, los sopladores y turbocompresores provienen justamente de Estados Unidos y Alemania, países líderes en la producción de turbomaquinaria con aplicaciones industriales, aunque como ya se había mencionado, Japón ya está haciendo lo propio, recientemente llevaron a cabo una visita a la planta “Cerro de la Estrella” para conocer el proceso que realizan y ofrecerles la tecnología que se encuentran desarrollando.

Por otro lado, El cálculo del índice de dependencia tecnológica proporciona un resultado que sitúa a México como dependiente tecnológico del extranjero y como difusor magro.

Patentes otorgadas en México a no residentes en las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 Y F04D17/16 (4)

= 4

Total de Patentes otorgadas a residentes en las clases F04D1/00, F04D1/06, F04D17/00, F04D17/12 Y F04D17/16 (1)

Por lo tanto, México depende en una relación de 4 a 1, lo que confirma un magro desempeño nacional en esta tecnología, sin embargo, es importante notar que la tecnología por sí misma representa un bajo número de patentes.

3.1. Cambio Tecnológico: Trayectoria Tecnológica de Equipos Estratégicos

La trayectoria tecnológica, se construye, a partir de los equipos más importantes para el proseguir del proceso. Sin embargo, también es relevante hacer énfasis en el resto de la infraestructura y su tiempo de vida. Con el objeto de analizar y verificar si la Política Hídrica tiene el mismo comportamiento en el resto del inventario, se elaboró el cuadro 1, mismo que contiene la descripción del aparato, tiempo de vida y número de ejemplares instalados y operando. Como se puede observar, los equipos ya han superado su tiempo de vida útil. Es decir, la Política Hídrica no promovió la sustitución de los equipos y técnicas existentes, por nuevos o mejorados procesos, equipos o técnicas. En efecto, la Política Hídrica no generó incentivos al cambio tecnológico.

En Estados Unidos, los cambios discretos que se dieron en los equipos previamente mencionados, están relacionados con mejoras en los componentes, la fabricación de equipos de bajo costo y de eficiencia energética, así como cambios en la estructura para evitar problemas asociados al espacio para su instalación.

En Europa, la evolución o cambios discretos que han experimentado estos equipos, se ha dado principalmente en mejoras a los componentes con la intención de incrementar el rendimiento en la presión como en el caudal, disminución del número de partes en la fabricación, así como el costo de las mismas. Definitivamente, la innovación que revolucionó a la industria fue la aparición de equipos pequeños; minimizando de esta manera los problemas de espacio y de ruido, además la aparición de nuevos aparatos con características mejoradas en torno a la eficiencia, de bajo costo, alto rendimiento y el tiempo de vida, pueden beneficiar la productividad del proceso al reducir los tiempos de tratamiento y el uso de energía eléctrica, puesto que entre el 65% y 80% de la energía que se consume durante todo el proceso se da en la fase de aireación. Cuadro 2.

La durabilidad y tiempo de vida de un compresor es fundamental si se tiene en cuenta que las plantas de tratamiento trabajan los 365 días del año, las 24 horas del día, por lo cual resulta vital que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México opte por la adquisición de equipos que no exigen mantenimiento constante, otros dos criterios que el organismo toma en cuenta en una adquisición, es el precio y en última instancia la calidad de los equipos.

En un futuro inmediato, la tendencia en la fabricación de aparatos electromecánicos, es el uso de software de última generación que permite realizar dinámica de fluidos computacional, modelado en 3D, comprensión inmediata de los efectos de los cambios de diseño en toda la maquina, reducción de los tiempos del ciclo de diseño y análisis de elementos finitos (Industrias de Servicios de Houston, 2010).

El criterio para emplear las patentes como un indicador para medir el cambio tecnológico en esta investigación, fue el hecho de ser consideradas como un indicador de cambio tecnológico de un país, por lo tanto la comparación de las tecnologías desarrolladas en México con la trayectoria tecnológica de los compresores a nivel mundial, corrobora el rezago o alcance tecnológico del país, pero también brindo un panorama acerca de las tecnologías que se están desarrollando en países como Estados Unidos y Alemania, y las que actualmente se están usando en el Distrito Federal en la Ciudad de México para el tratamiento de aguas residuales. Lo anterior demuestra que la Política Hídrica no ha generado los incentivos necesarios para el desarrollo de tecnologías domesticas que el sector hídrico requiere para el tratamiento del 100% de las aguas residuales que se generan a diario, pero además tampoco se ha motivado la adquisición de infraestructura de vanguardia.

Cuadro 2 Trayectoria tecnológica de equipos de desplazamiento no positivo

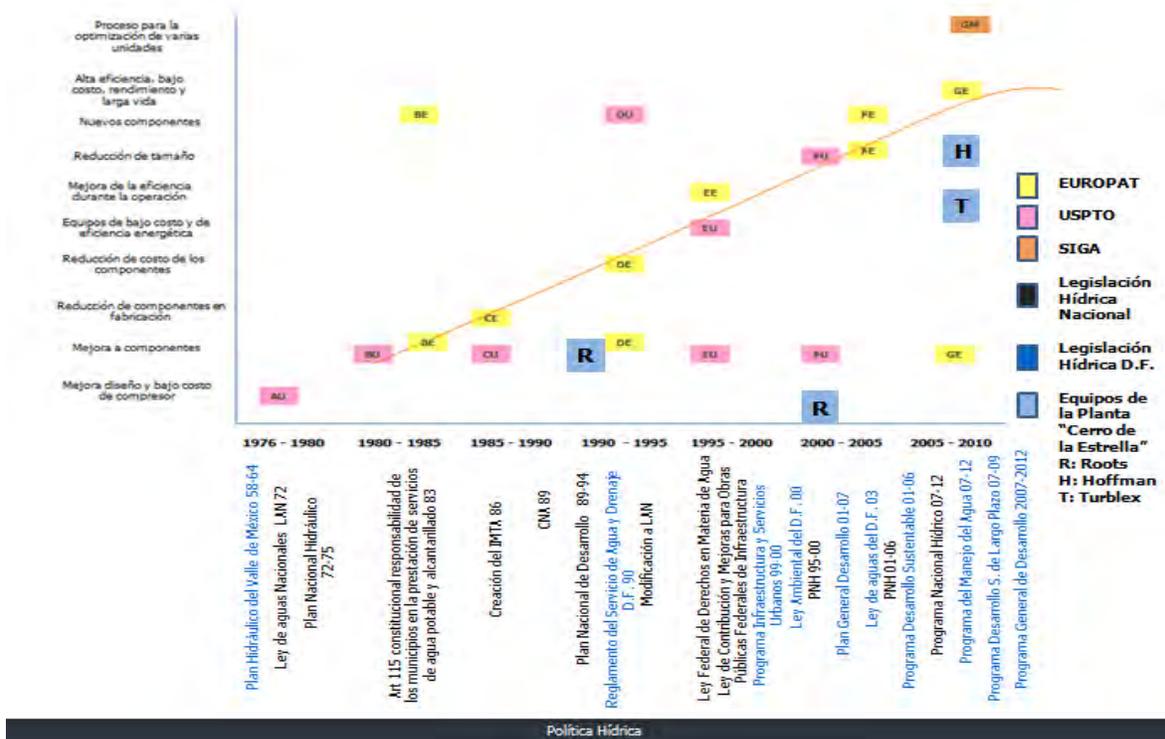
Trayectoria Tecnológica de compresores, sopladores centrifugos, y turbocompresores								
	A	B	C	D	E	F	G	
	1976-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	
Estados Unidos USPTO	Mejora el diseño un compresor centrifugo para emplearse en cualquier rango de presión y de bajo costo. Los equipos que se patentaron en este periodo, son compresores centrifugos, los cuales operan a través de dos o más impulsores para el manejo de bajas y medias presiones.	Turbocompresores. Durante su fabricación intervienen diversos accesorios mejorados con el objeto de optimizar el proceso de compresión, los materiales de los impulsores, proporcionan mayor eficiencia a la operación.	Mejoras a los componentes de los sopladores o también llamados "blowers" y compresores, con el objeto de minimizar las variaciones en la velocidad axial.	Se introducen nuevos accesorios con el objeto de maximizar el rendimiento de los compresores centrifugos.	Se introducen mejoras a los compresores de flujo radial para el manejo de grandes volúmenes de gas, además de comenzar a fabricar compresores de bajo costo y de eficiencia energética.	Se continúan con las mejoras en los componentes de los equipos.	Se empiezan a dar cambios importantes en la estructura de los equipos al reducir el tamaño y mantener su eficiencia.	Se continúan con las mejoras en los componentes de los equipos.
Europa EUROPAT		En este periodo se realizaron mejoras a los componentes de los sopladores, con el objeto de hacer más eficientes las etapas del proceso de compresión, asimismo, se llevo a cabo la incorporación de nuevos aditamentos a los equipos para minimizar el ruido durante la operación.	Surgen aditamentos mejorados y se reducen los accesorios para la cubierta de los equipos, lo cual tiene impacto en las características del flujo.	Se reduce el costo de los accesorios para la fabricación de los compresores centrifugos, así como mejoras en sus componentes.	Mejoras en la eficiencia de los compresores centrifugos en el enfriamiento del gas comprimido.	Debido a los problemas asociados al espacio para la fijación de los equipos, se patenta un turbocompresor de pequeñas dimensiones.	Surgen los compresores de alta eficiencia, bajo en costo, de larga vida, de alto rendimiento en términos de presión y caudal.	
México SIGA						Se patenta un dispositivo, el cual tiene por propósito disminuir las vibraciones de un compresor	Se prosiguió con las mejoras en los componentes para aumentar en rendimiento, eficiencia y durabilidad de los compresores centrifugos	
<p>Como muestra la trayectoria tecnológica, la evolución de este tipo de maquinaria ha sido principalmente en el diseño, mejora y disminución de los componentes, con el propósito de reducir los costos de fabricación, la durabilidad y acortar los tiempos de montaje en los talleres.</p> <p>Actualmente, el diseño de los sopladores, compresores y turbocompresores se ha a través de software sofisticado considerado como de última generación que permite realizar dinámica de fluidos, modelado en 3D, y análisis de elementos.</p>								

Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, 2007., EUROPAT, 1980-2010., y USPTO, 1976-2004.

3.2 Cambio Tecnológico y Política Hídrica: Planta “Cerro de la Estrella”

El cambio tecnológico en sopladores se modeló a través de la trayectoria tecnológica descrita en el cuadro 2 y expresada gráficamente en la gráfica 4, esta muestra en su eje vertical los cambios tecnológicos (cambio discreto en el tiempo que refleja la sustitución de técnicas y equipos por otros mejorados o radicalmente diferentes con mayor eficiencia), en tanto que en su eje horizontal muestra el periodo en el que se integró cada uno de esos cambios en la dinámica de Estados Unidos, Europa, México y la planta tratadora “Cerro de la Estrella”, asimismo se presenta la evolución de la Política Hídrica nacional y en el Distrito Federal por periodo. La gráfica 4, presenta el Cambio Tecnológico versus la Política Hídrica.

Gráfica 4. Cambio Tecnológico y Política Hídrica



Fuente: Elaboración propia con datos de SIGA, 2007; EUROPAT, 1980-2010; USPTO, 1976-2004 y otros documentos oficiales.

En la gráfica 4, se puede observar que los equipos utilizados en la planta “Cerro de la Estrella” (cuadros azules) durante el periodo de 1990 a 1995 refiere a tecnologías que ya se habían desarrollados en Estados Unidos y Europa desde los años ochenta. En tanto, que los equipos del periodo 1995 a 2000, refiere a tecnología ya desarrolladas en Estados Unidos desde 1976. Estos datos muestran un enorme rezago tecnológico. Es hasta finales del periodo de 2005 a 2010 que se da un salto de equipos con componentes mejorados a equipos con mayor eficiencia y reducción de tamaño, pero nuevamente, son tecnologías que ya se tenían en Estados Unidos y Europa desde principios del 2000. Si se contrasta el estado de la infraestructura hídrica, el avance en la política mexicana en materia hídrica, y las mejoras tecnológicas a nivel internacional, se puede decir que la Política Hídrica no ha incidido en el proseguir del desarrollo tecnológico de México en comparación con Estados Unidos y Alemania, lo cual les dota de un mercado seguro para seguir introduciendo mejoras a la industria de las turbomáquinas y mantener su liderato.

Conclusiones

Esta investigación, es un trabajo interdisciplinario que da la pauta para destacar el nulo desarrollo tecnológico de México en turbo-maquinaria, por lo que da los cimientos para la construcción de políticas públicas que promuevan el cambio tecnológico en sectores que son estratégicos para el desarrollo del país.

La descarga de aguas residuales sin previo tratamiento ha dado como resultado la contaminación de las principales fuentes hídricas, comprometiendo aun más el suministro y escasez de agua en Delegaciones con mayor población, como Iztapalapa, en la que los problemas de abastecimiento son permanentes durante todo el año.

Aunado a esta problemática, se encuentra el estado de la infraestructura de las plantas de tratamiento de aguas residuales del Distrito Federal, en específico de la planta “Cerro de la Estrella”, la cual opera por debajo de su capacidad de diseño, debido a que algunos de los equipos que intervienen en el proceso no han sido reemplazados en más de 20 años, cuando en el mercado de Estados Unidos y Alemania; principales países en la fabricación de compresores, sopladores y turbocompresores ya existen equipos mejorados en el rendimiento y la eficiencia energética, cuestión en la que México figura como dependiente tecnológico, debido a que la Política Hídrica no ha generado los incentivos suficientes para desarrollar la infraestructura que el sector hídrico requiere.

Ante tal situación, se recomienda analizar la situación del sector hídrico local para definir cuáles son los requerimientos inmediatos; además de realizar inventarios de forma periódica de la infraestructura que se encuentra operando y su tiempo de vida para identificar de manera oportuna posibles fallas que pudieran perjudicar la continuidad del proceso o disminuir su productividad. Al mismo tiempo, es necesario formular programas para el cambio paulatino de los equipos y fijarse metas concretas para la modernización total de la planta “Cerro de la Estrella”.

Finalmente, es importante trazar nuevos lineamientos de política pública acordes a las necesidades que el sector hídrico local demanda, mismos que coadyuven el desarrollo sustentable de la Ciudad.

Bibliografía

Cimoli, M., **Developing Innovation Systems. Mexico in a Global Context**, Londres: EdContinuum. 2000.

Dosi, G. y D. Capadville. **The nature of technological change and its main implications on national systems of innovation**, en J. Aboites y G. Dutrénit (comps.), *Innovación, aprendizaje y creación de capacidades tecnológicas*, México: EdPorrúa. 2003.

EUROPAT. **Base patentes**. Europa. Recuperado el 23 de octubre de 2010 de: http://ep.espacenet.com/advancedSearch?locale=en_EP

Industrias de Servicios de Houston. **Ingeniería y Tecnología**. Recuperado del 06 de noviembre 2010 de: <http://www.hsiblowers.com/>

Lall, S. Technological capabilities and industrialization, **World Development**, v. 20, n. 2, p. 165-186, 1992.

Lundvall, B. **National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning**. London: EdPinter Publishers, 1992.

Nelson, R. **National innovation systems: a comparative analysis**. New York: EdOxford University Press, 1993.

Niosi, et. al. National System of Innovation in search of workable concept, **Technology in Society**, 1993.

Stern, S., Porter, M. y J. Furman. The determinants of national innovative capacity, **NBER**, 2000.

Solleiro, J. y R. C. **Políticas Públicas que sustentan los Sistemas Regionales de Innovación: aportes para la discusión**, en Villavicencio, D y P. López (comps.), *Sistemas de Innovación en México: Regiones, Redes y Sectores*, México: EdPyV, 2009.

Secretaria de Obras y Servicios (SOS). **Manual de operación planta para tratamiento de aguas residuales cerro de la estrella**. México, 1986.

SIGA. **Base de patentes**. Recuperado el 22 de octubre de 2010 de: http://siga.impi.gob.mx/wb/SIGA/SIGA_busqueda_simple

USPTO. **Base patentes**. Estados Unidos. Recuperado el 20 de octubre de 2010 de: <http://patft.uspto.gov/netahtml/PTO/search-adv.htm>