



**FONDO MIXTO**  
**CONACYT-GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL**  
**CONVOCATORIA 2010**  
**DEMANDAS ESPECÍFICAS**

**ÁREA 1. TRANSPORTE URBANO**

**Demanda 1.1. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE TRES PROTOTIPOS PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, APROVECHANDO LA ENERGÍA CINÉTICA DE LOS TRENES EN CIRCULACIÓN**

- A) PRINCIPIO DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA, UTILIZANDO UN GENERADOR LINEAL (METROGENERACIÓN).**
- B) MÚLTIPLES DÍNAMOS ACTIVADOS POR EL PASO DE TRENES (METRODÍNAMO).**
- C) EL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA REGENERADA POR LOS TRENES EN LA FASE DE FRENADO (METRORRECUPERACIÓN).**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

**Antecedentes:**

Actualmente el S.T.C. depende de energía eléctrica obtenida a partir de recursos energéticos no renovables y en proceso de agotamiento (*hidrocarburos*); por tal motivo tiene previsto las siguientes acciones: aprovechar la energía que regresa a la barra guía a través del paso de los trenes e implantar sistemas de generación de energía limpia que reduzcan el consumo de energía eléctrica no renovable.

Complemento de información: Los prototipos que se construyan ayudarán a establecer la línea base de emisiones de gases de efecto invernadero para poder desarrollar un proyecto futuro de venta de estas reducciones en mercados de carbono, ya sean voluntarios o del mecanismo para un desarrollo limpio. Dado que estos proyectos son innovadores pueden no lograr adecuadamente sus objetivos si no cuentan con recursos suficientes para su aplicación, por lo que dependen de manera crítica de la venta en los mercados internacionales de reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero (comúnmente llamados mercados de carbono).

**Objetivo General:**

- a) Aprovechar en el alumbrado de las estaciones o almacenar la energía eléctrica que regresa un tren a la barra guía durante la etapa de frenado regenerativo (y**



que no es consumida por otro tren). Esta energía será aprovechada en el Sistema de Alumbrado de Estaciones.

- b) Generar energía eléctrica mediante la implementación del principio de inducción electromagnética, utilizada en el generador lineal, aprovechando el movimiento de los trenes por los túneles.
- c) Diseñar y construir un prototipo que permita generar energía eléctrica, aprovechando la energía cinética de los trenes durante su frenado en las estaciones, cuyo propósito es reducir costos por consumo de energía en las estaciones, producida a base de hidrocarburos.

#### **Objetivos Específicos:**

- a) Desarrollar un prototipo de equipo inversor que permita recuperar la energía eléctrica que retorna el tren a la barra guía, donde el excedente de voltaje (*sobretensión en CD*) en dicha barra se aproveche para aportar energía a la red eléctrica en los circuitos de alumbrado de las estaciones de la Red del Metro.
- b) Desarrollar un prototipo, utilizando el techo de los trenes y la cavidad superior de los túneles para instalar un inductor y un inducido que se diseñarán o adaptarán según las especificaciones requeridas por el prototipo, basándose en el principio del generador lineal, que permita crear energía eléctrica para los circuitos de alumbrado de las estaciones.
- c) Diseñar y construir un prototipo que permita generar energía eléctrica empleando un conjunto de microdinamos instalados en los costados de la vía, mismos que se activarán por las ruedas guía al paso del tren, al hacer éste presión sobre ellos.

#### **Productos Esperados:**

- Prototipo, a instalar en una estación, que permita recuperar la energía regenerada por los trenes, para aplicarse en el Sistema de Alumbrado de Estaciones.
- Prototipo que permita generar energía para los circuitos de alumbrado en estaciones, empleando un conjunto de microdinamos instalados en los costados de la vía.
- Prototipo que permita generar energía para los circuitos de alumbrado en estaciones, mediante la aplicación del principio del generador lineal en trenes y túneles.
- Obtener energía para los Sistemas de Alumbrado de las estaciones y otros servicios.
- Transferencia tecnológica al S.T.C.
- Solicitud de registro de propiedad industrial de los sistemas: metrogeneración, metrodinamo y metrorrecuperación.

#### **Indicadores:**

- Reducir costos por concepto de consumo de energía.
- Contribuir a la reducción de emanaciones contaminantes al medio ambiente.



- Ahorro de energéticos no renovables. Se estima un ahorro aproximado de 18 millones de pesos por año para una Línea del metro.
- Contribuir en desarrollos tecnológicos alternativos de generación de energía limpia.

#### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

#### **Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)

### **Demanda 1.2. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE TRACCIÓN-FRENADO.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

Los sistemas de tracción-frenado actualmente en uso, se dividen en 3 tipos: Tecnología híbrida, Tipo Chopper y de tracción Asíncrona. Algunos de los sistemas antes citados presentan ciertos problemas de funcionamiento y baja fiabilidad, derivados de la obsolescencia tecnológica y la deficiente mantenibilidad de los equipos, que implica un mayor uso de Recursos Humanos y Materiales.

La fuerza motriz que impulsa a la mayoría de los trenes que circulan en la Red, son de corriente continua con dos sistemas diferentes de tracción-frenado, el tipo reostático y Chopper. A consecuencia del avance tecnológico en materia de motores eléctricos y de los sistemas que controlan el arranque de los mismos, se hace presente la necesidad de buscar nuevas formas de convertir la energía eléctrica en energía mecánica, participando con ello en el ahorro de la energía eléctrica y disminuyendo los procesos y tiempos de mantenimiento.

#### **Objetivo General:**

Desarrollar un nuevo sistema de tracción frenado para los trenes del S.T.C.

#### **Objetivos Específicos:**

- Buscar el tipo de motor eléctrico adecuado, así como el sistema de control digital a base de microprocesadores que permitan mantener o aumentar los regímenes de trabajo en materia de transporte masivo de pasajeros.



- Promover el ahorro de energía eléctrica a través del empleo de motores más eficientes y sistemas de recuperación de energía.

### **Productos Esperados:**

- Un prototipo de un nuevo sistema de tracción frenado
- Especificación técnica y funcional que describa el funcionamiento y las características técnicas de los sistemas y subsistemas. Incluyendo la descripción de los conceptos principales que formarán parte del convenio: normas de referencia, alcances, programa de ejecución, diagramas a bloques, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento en español
- Capacitación para 10 técnicos.
- Garantía por 5 años.
- Pruebas estáticas y pruebas dinámicas.
- Puesta a punto del equipo
- Transferencia tecnológica al S.T.C.
- registro de propiedad industrial de un sistema de tracción-frenado para trenes del S.T.C.

### **Indicadores:**

- Reducción en los tiempos necesarios para reintegrar un tren al servicio
- Disminución de costos de mantenimiento
- Disminución de averías en los sistemas de tracción frenado

### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

### **Contactos.**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)



### **Demanda 1.3. DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EMPLEANDO VOLANTES DE INERCIA Y SUPERCAPACITORES.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

El STC, consciente de que el cambio climático a nivel mundial es un gran problema y que se deben buscar soluciones a nuestro alcance como parte de una realidad patente en nuestros días, busca implementar tecnologías de punta que conduzcan a ahorros sustanciales en los consumos de energía eléctrica propios de la operación. Dicho consumo es tan importante que el STC hoy por hoy, es el segundo consumidor de energía eléctrica en el Valle de México, lo que cualquier ahorro en este rubro se convierte automáticamente en un asunto de relevancia en cuanto a reducción de GEI se refiere.

#### **Objetivo General:**

El proyecto plantea aprovechar el movimiento de los trenes para generar energía eléctrica. Se implementarán los conceptos de volante de inercia y supercapacitores para generar energía eléctrica derivada del movimiento de los trenes.

#### **Objetivos Específicos:**

- Reducir el consumo de energía en los trenes del Sistema de Transporte Colectivo METRO de la Ciudad de México, mediante el desarrollo e implantación de un prototipo de generación de energía eléctrica limpia y basado en volantes de inercia y supercapacitores, que en conjunto alimenten eléctricamente a la carga demandada.
- El aporte tecnológico así como el diseño y construcción de este tipo de generación de energía eléctrica complementado con la utilización de la energía en instalaciones efectivas con carga como las representadas en las estaciones de las Líneas del Metro.

#### **Productos Esperados:**

- Un prototipo instalado en las instalaciones del STC que almacene la energía de frenado y la reutilice principalmente para proporcionar los picos de potencia requeridos durante el arranque de los trenes.
- Una estación rectificadora instalada en las instalaciones del STC para suprimir prácticamente el frenado reostático en los trenes, incrementándose de esta forma la eficiencia de operación de los trenes y por lo tanto disminuyendo el consumo total de energía.
- Especificación técnica y funcional que describa el funcionamiento y las características técnicas de los sistemas y subsistemas. Incluyendo la descripción de los conceptos principales que formarán parte del convenio: normas de referencia, alcances, programa de ejecución, diagramas a bloques, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento en español.



- Capacitación para 10 técnicos.
- Garantía por 5 años.
- Pruebas estáticas y pruebas dinámicas.
- Puesta a punto del equipo
- Transferencia tecnológica al S.T.C.
- registro de propiedad industrial de un sistema de generación de energía eléctrica empleando volantes de inercia y supercapacitores.

#### **Indicadores:**

- Disminución en el consumo de energía eléctrica
- Disminución de la producción de GEI

#### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

#### **Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)

### **Demanda 1.4. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MOTOR STIRLING PARA CONVERTIR ENERGÍA SOLAR O TÉRMICA EN ENERGÍA ELÉCTRICA.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

- a) Actualmente, se requiere de la generación y utilización de energía eléctrica obtenida por medios no contaminantes, fuentes limpias de energía sustentable que permita obtener beneficios ecológicos además de los económicos.
- b) Para dar atención y transportar a 5 millones de usuarios diariamente, se requiere de una gran cantidad de electricidad, debido a ello el Metro es el mayor consumidor de energía eléctrica en la Zona Centro del País.
- c) Del total de la electricidad que emplea el Metro, aproximadamente el 80% corresponde a la tracción de los trenes y cerca del 20% utilizado en el alumbrado, escaleras eléctricas, motores, etc.
- d) Al contar con un sistema capaz de generar energía eléctrica de manera limpia, esta electricidad servirá para alimentar la iluminación que se requiere en una estación del STC.



### **Objetivo General:**

Diseñar, construir e instalar un motor Stirling de alta eficiencia que genere a través de concentradores de energía solar, hasta 1 Kilowatt de energía eléctrica, la cuál pueda ser utilizada para alimentar luminarios de estaciones o edificios.

### **Objetivos Específicos:**

- Diseñar y construir un motor Stirling de alta eficiencia capaz de generar 1 Kilowatt de energía eléctrica a través de un generador eléctrico.
- Diseñar y construir un sistema de espejos parabólicos que concentren la energía solar.
- Desarrollar un sistema generador de energía eléctrica a partir de la energía solar, coadyuvando con el programa de producción de energías alternativas y amigables con el medio ambiente, impulsado por el Gobierno del Distrito Federal.
- Establecer las condiciones que permitan escalar esta tecnología a motores que permitan generar mayores potencia eléctricas.

### **Productos Esperados:**

- Diseño, desarrollo e instalación en las instalaciones del STC de un concentrador de energía solar y de un motor tipo Stirling, para generar electricidad que será utilizada para alimentar el sistema de alumbrado de una estación.
- Sistema de monitoreo del circuito eléctrico para la certificación del ahorro de energía.
- Capacitación del personal.
- Planos y especificaciones del sistema.
- Transferencia Tecnológica al S.T.C.
- registro de propiedad industrial de un sistema de generación de energía eléctrica empleando un motor Stirling a partir de energía solar o térmica.
- registro de propiedad industrial, de un sistema de concentración de energía solar.

### **Indicadores:**

- Ahorro de energía eléctrica.
- Disminución de cantidades a pagar por concepto de ahorro en el consumo de energía eléctrica.
- Uso eficiente de la energía eléctrica y retribuciones por bonos de carbono.

### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González



Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

**Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053 /  
[diazpineda54@yahoo.com.mx](mailto:diazpineda54@yahoo.com.mx)

**Demanda 1.5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE UN EQUIPO PORTÁTIL PARA DIAGNÓSTICO EN CAMPO DE LOS MÓDULOS QUE CONFORMAN EL PILOTAJE AUTOMÁTICO (PA) DE 135 KHZ.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

**Antecedentes:**

El S.T.C. exhibe varias problemáticas relacionadas al mantenimiento de los componentes electrónicos que conforman varios de sus sistemas, entre otras causas, destaca la carencia de equipos de pruebas, en particular para efectuar diagnósticos en campo de los módulos o cajones electrónicos que conforman el Sistema de Pilotaje Automático (PA) de 135 KHz., encargado de la correcta explotación de los trenes.

Los trenes que son reportados por un fallo en el sistema de PA, son retirados de la operación y estacionados en las fosas de mantenimiento donde el personal del S.T.C., de acuerdo a su experiencia retira el cajón en el que cree que se encuentra el problema. Los módulos o cajones son enviados al taller de electrónica para su prueba y posible reparación mediante el uso de un equipo no transportable de pruebas. Muchas de las veces, los módulos enviados al taller se encuentran en buenas condiciones y existe una alta probabilidad de que se dañen en su transportación. Por tal razón, se tiene previsto el desarrollo de un equipo portátil para efectuar el prediagnóstico funcional en las fosas de mantenimiento antes de retirar cualquiera de los módulos, previniendo su daño y acelerando los tiempos de atención de averías.

**Objetivo General:**

Diseñar, construir y poner en operación un prototipo de Equipo Portátil para diagnóstico e en campo de los módulos que conforman el Pilotaje Automático de 135 KHz.

**Objetivos Específicos:**



- Diseñar e implementar un Equipo Portátil para prueba de módulos del Pilotaje Automático de 135 KHz.
- Desarrollar la interfaz hombre/máquina amigable para el operador.
- Realizar pruebas en laboratorio y en campo del Equipo Portátil.
- Diseñar el manual de utilización del prototipo.
- Contribuir al diseño de un equipo electrónico de fabricación nacional orientado a la prueba de equipo comercial para mitigar la dependencia tecnológica existente.
- Contar con herramientas tecnológicamente modernas como soporte en el mantenimiento, prueba y operación en campo de los módulos o cajones electrónicos que conforman el Pilotaje Automático (PA).

### **Productos Esperados:**

- Un Equipo Portátil para verificar en campo el estado de los módulos o cajones electrónicos del Pilotaje Automático.
- Capacitación para técnicos del S.T.C.
- Registro de fallas con históricos y claves de acceso.
- Especificación técnica y funcional que describa el funcionamiento y las características técnicas de los sistemas y subsistemas. Incluyendo la descripción de los conceptos principales: normas de referencia, alcances, programa de ejecución, diagramas a bloques, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento en español, programa de capacitación, herramientas específicas
- Planos mecánicos, eléctricos y electrónicos.
- Transferencia tecnológica al S.T.C.
- Proyección de costos para producción a mayor escala
- registro de propiedad industrial de un equipo portátil para diagnóstico en campo de los módulos que conforman el pilotaje automático (PA) de 135 kHz. De los trenes del S.T.C.

### **Indicadores:**

- Contribuir a las mejoras del mantenimiento y prueba de módulos electrónicos del Pilotaje Automático en campo.
- Reducir en un 100% los daños por la transportación de los módulos electrónicos bajo sospecha de avería.
- Reducción del tiempo de atención de una avería en el sistema de PA

### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

### **Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)



**Demanda 1.6. DISEÑO Y FABRICACIÓN DE LUMINARIAS A BASE DE LED'S (LIGHT EMITTING DIODE) DE ALTA EFICIENCIA PARA LA ILUMINACIÓN UNIFORME Y ÓPTIMA DE ANDENES Y PASILLOS DE UNA ESTACIÓN DEL METRO DE LA CIUDAD DE MÉXICO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA Y EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE METROPOLITANO.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

**Antecedentes:**

Para dar atención y transportar a 5 millones de usuarios diariamente, se requiere de una gran cantidad de electricidad por lo que el Metro es el mayor consumidor de energía eléctrica en la zona centro del país. En el ejercicio del año 2008, el S.T.C. pagó alrededor de Mil Quinientos Millones de pesos, por 933,512,350 kW-hr consumidos.

Del total de la electricidad que emplea el Metro, aproximadamente el 80% corresponde a la tracción de los trenes y cerca del 20 % utilizado en el alumbrado, escaleras eléctricas, motores, etc.

Actualmente, no se cuenta con normas que indiquen los niveles adecuados de iluminación para ser aplicados en las estaciones subterráneas, superficiales y túneles de la red.

A la fecha se utilizan luminarias de tecnología T12, algunas de ellas discontinuadas y de fabricación especial para el STC.

**Objetivo General:**

Diseñar y construir un sistema de iluminación a base de LED's de alta eficiencia, que permita proporcionar un adecuado confort visual a los usuarios del STC, estableciendo los estándares requeridos de iluminación y eficiencia energética adecuados a las condiciones y necesidades que se presentan en las estaciones subterráneas y superficiales.

**Objetivos Específicos:**

- Elaborar y dimensionar un proyecto de ingeniería sobre el ahorro de energía para el alumbrado de andenes y pasillos en las estaciones del Metro. Lograr que la demanda en energía eléctrica represente tan solo 35% o menos del consumo actual por concepto de iluminación.
- Optimizar el nivel de iluminación requerido en la llegada y salida de los andenes del Metro, los cuales tienen un promedio de 300 luxes y que presenta variaciones hasta llegar a 100 luxes a nivel de suelo de cada andén.
- Proveer de mayor luminosidad a los acotamientos y con esto evitar accidentes e inseguridad por falta de iluminación.



- Estandarizar el sistema de iluminación en el S. T. C.

### **Productos Esperados:**

- Elaboración del proyecto integral de ahorro de energía para el alumbrado de las Estaciones del Metro.
- Comparativo de actuales niveles de iluminación.
- Diseño, desarrollo e instalación de un prototipo en una estación del metro de luminarias de alta eficiencia a base de LED's de diferentes características, potencia, tamaño, ángulos de iluminación, etc., para las diversas aplicaciones y necesidades específicas del Metro.
- Monitoreo del circuito eléctrico para la certificación del ahorro de energía.
- Curvas y niveles de iluminación del nuevo sistema de alumbrado.
- Capacitación del personal.
- Planos del sistema.
- Transferencia Tecnológica al S.T.C.
- Solicitud de registro de propiedad industrial de un sistema de luminarias de alta eficiencia a base de Led's para espacios cerrados y abiertos.

### **Indicadores:**

- Mantener y/o mejorar las características actuales de iluminación en las Estaciones del Metro (uniformidad, iluminancia, temperatura de color, etc.).
- Ahorro de energía eléctrica entre un 60 y un 70%.
- Disminución de cantidades a pagar por concepto de ahorro en el consumo de energía eléctrica.
- Menor mantenimiento por mayor vida útil de las luminarias a base de LED's.
- Mejorar la seguridad y confort de los usuarios del S.T.C.
- Uso eficiente de la energía eléctrica y retribuciones por bonos de carbono.

### **Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

### **Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)



**Demanda 1.7. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE TECNOLOGÍA DE ESTADO SÓLIDO, BASADO EN EL EFECTO PELTIER Y EN TRANSFERENCIAS DE CALOR PARA ENFRIAR UN SISTEMA HIDRÁULICO QUE A SU VEZ ENFRIARA AIRE, ESTE PROTOTIPO SE INSTALARÍA EN LOS NICHOS DE LOS VENTILADORES QUE ACTUALMENTE ESTÁN EN OPERACIÓN EN EL MATERIAL RODANTE (TRENES) DEL S.T.C.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

**Antecedentes:**

Durante los traslados que realizan los usuarios diariamente en los trenes del S.T.C., se genera calor debido a factores como la cantidad de gente, el calor de los motores del tren, el calor del banco de resistencias en algunos casos, la fricción de los neumáticos con las vías, el calor que se genera al frenar y el calor del medio ambiente en túneles y estaciones.

Esta condición de calor en exceso provoca malestar e incomodidad a los usuarios durante su estancia en el salón de pasajeros de los trenes y aunque que existe un sistema de ventiladores en los trenes estos no satisfacen la condición de refrescar a los usuarios.

Cabe resaltar que se han medido temperaturas dentro del salón de pasajeros de hasta 40°C.

**Objetivo General:**

1. Mejorar el confort de los usuarios durante traslados en los trenes del S.T.C. reduciendo la temperatura interior del salón de pasajeros de los trenes
2. Elevar el nivel de calidad del servicio que presta el S.T.C.
3. Desarrollar tecnologías limpias (ecológicas), de refrigeración por efecto Peltier (estado sólido) y de transferencia de calor.

**Objetivos Específicos:**

- a) Realizar los estudios necesarios para calcular la carga térmica que se genera en los vagones durante la operación de los trenes.
- b) Diseñar y construir 7 ventilas superiores de alta eficiencia para suministrar aire directamente desde el exterior eliminando recorridos innecesarios que ocasionen fricción y pérdidas de succión en el ventilador.
- c) Diseñar y construir 7 módulos Peltier para enfriamiento de agua, la cual se recircular en un serpentín por medio de una bomba eléctrica sumergible.
- d) Diseñar y construir 7 serpentines para circular agua fría y que al paso del aire de succión, éste se enfríe.
- e) Integrar 7 ventiladores de alta eficiencia.
- f) Siete sistemas de control

**Productos Esperados:**



Instalación de aire acondicionado para un salón de pasajeros del S.T.C.

- Cada prototipo integrará:
  - Ventilador de alta eficiencia.
  - Módulo Peltier para enfriamiento de agua.
  - Sistema de transferencia de calor por medio de circulación de agua.
  - Ventilador de alta eficiencia.
  - Sistema de control
- Una especificación técnica y funcional que describa la operación y las características de los sistemas y subsistemas, que incluya la descripción de los conceptos principales que formarán parte del convenio: normas de referencia, alcances, programa de ejecución, diagramas a bloques, memorias de cálculo, manuales de operación y mantenimiento en español, programa de capacitación, los suministros incluyendo el 20% de refacciones, herramientas específicas, una herramienta informática portátil con el software correspondiente para realizar diversas intervenciones en el sistema y recuperar informes (esto se podrá realizar en sitio o a distancia puesto que el sistema estará conectado a la red general de fibra óptica).
- Diagramas mecánicos, eléctricos y electrónicos
- Transferencia tecnológica al S.T.C.
- Documentación que acredite la reducción de la temperatura y por ende la mejora del confort, elevando la calidad del servicio para los usuarios del S.T.C. (cerca de 5 millones de usuarios por día laborable).
- Solicitud de registro de propiedad industrial de un sistema de aire acondicionado para el habitáculo de pasajeros de los trenes del S.T.C. empleando tecnología de estado sólido, basado en el efecto Peltier y en transferencia de calor.

**Indicadores:**

- Mejorar la calidad del servicio, como resultado de:
  - Disminuir la temperatura en el interior de los carros
  - Incrementar la calidad del aire que le llega a los usuarios
- Incrementar la afluencia de usuarios

**Usuarios de la demanda:**

Dr. Jorge Toro González  
Director de Ingeniería y Desarrollo Tecnológico del Sistema de Transporte Colectivo.  
Balderas No. 58-2º piso, Col. Centro  
Delegación Cuauhtémoc, C.P. 06010, México, D. F.  
Teléfono 5627-4309 [jtoro@metro.df.gob.mx](mailto:jtoro@metro.df.gob.mx)

**Contactos:**

Ing. Marcos Mercado Estrada  
Gerente de Ingeniería y Nuevos Proyectos  
5627-4052  
[marcosmercadoestrada@gmail.com](mailto:marcosmercadoestrada@gmail.com)

Ing. Alejandro Martínez Zanatta  
Coordinador de Desarrollo Tecnológico  
5627-4053  
[alejandro\\_martinez@hotmail.com](mailto:alejandro_martinez@hotmail.com)



## ÁREA 2: CALIDAD DEL AGUA

### **Demanda 2.1. Localización de la infraestructura hidráulica existente en la zona de recarga artificial del Distrito Federal.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

La ciudad de México, constantemente vive la problemática del suministro de agua potable en tiempo y forma, además del desalojo oportuno de las aguas residuales en eventos extraordinarios que constantemente se viven en las temporadas de lluvias y por otro lado la necesidad de aprovechar el agua residual tratada en forma local como riego de áreas verdes, llenado de lagos recreativos, uso industrial, el reuso en muebles sanitarios, y ahora con gran auge, el estudio de la recarga artificial del acuífero a partir de agua residual, llevada a nivel de agua potable como lo refiere la NOM-014-CONAGUA-2003 y como lo establece la NOM-127-SSA1-1996.

La Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicó el 18 de Agosto de 2009 en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Norma en la que se establece condiciones previas para la recarga al acuífero.

Para dar cumplimiento a los apartados 6.1.1 y 6.1.2 de dicha norma, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) requiere contar con la traza digitalizada del Distrito Federal (INEGI-DF) para el geoposicionamiento de toda la infraestructura hidráulica existente en la zona definida para la recarga artificial del acuífero, además de contar con el paquete informático especializado para la carga de información y manejo estadístico de la información generada para cada sitio, la existente y aquella que se pretende construir para tal fin en la zona de trabajo, considerando los sitios de riesgo de contaminación e identificar las posibles alternativas de suministro de la materia prima que sería el agua residual a utilizar para fines de recarga al acuífero. Lo anterior dado a que actualmente el SACM no cuenta con el sistema apropiado para el manejo de la información que se ha generado y se espera generar para la recarga artificial del acuífero, la cual es necesario y primordial su cumplimiento ante la autoridad competente en la materia para estar en la posibilidad de recargar el acuífero de manera segura, confiable y responsable.

En el presente documento se dan los pormenores de las actividades que se deben realizar para dar cumplimiento a la *NOM-014-CONAGUA-2003 REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA, EN SU APARTADO 6. REQUISITOS 6.1 INFORMACIÓN Y ESTUDIOS BÁSICOS, 6.1.1 LOCALIZACIÓN y 6.1.2 FUENTES DE AGUA DE RECARGA*. Para lo anterior las instituciones participantes deberán contemplar en su cotización, las actividades no consideradas en los presentes términos de referencia para dar cumplimiento cabal a los incisos señalados en este párrafo.



### **Objetivos Generales y Específicos:**

- Geoposicionamiento (localización) en traza digitalizada de toda la infraestructura hidráulica actual existente en la zona de recarga y la futura planeada para su construcción. **(Apartado 6.1.1)**
- Identificar la infraestructura que haya contaminado o con riesgo de contaminación al acuífero de la zona definida para la recarga.
- Identificar las fuentes potenciales de suministro agua residual, su origen, volumen, régimen de descarga, uso pretendido, uso y destino actual. **(Apartado 6.1.2)**
- Tratamiento del agua para su reuso, con el objeto de definir agua residual nueva para su uso en la recarga artificial del acuífero.

### **Productos Esperados:**

Un mapa georeferenciado (INEGI o análogo) con la ubicación geográfica de la(s) obra(s) de recarga que se proyectan construir, así como de las captaciones subterráneas y de las fuentes de contaminación de agua subterránea (actuales o potenciales), en una zona circular cuyo radio, medido a partir del centro de las obras proyectadas, se fija en cada PRA, por “La Comisión”, considerando: la dimensión y tipo de obras, el volumen de agua a recargar y las propiedades hidráulicas del acuífero en estudio.

En todo caso, el radio mínimo de esta zona será de un kilómetro. La ubicación de las obras y fuentes se debe determinar con geoposicionador o con otro método equivalente de igual o mayor precisión a la obtenida con éste, acorde a la escala del estudio. El detalle se da a continuación.

#### 1. MANEJO DE INFORMACIÓN

- Adecuación de la traza digitalizada del DF INEGI  
En las computadoras que designe el SACM, deberá ser cargado el sistema de la traza digitalizada de INEGI-DF propiedad del SACM. **(Apartado 6.1.1).**
- Adecuación del paquete informático especializado.  
En las computadoras que designe el SACM, deberá ser cargado el paquete informático especializado propiedad del SACM, con el objeto de correlacionar los datos, su manejo e interpretación con la traza digitalizada.

Para estas dos actividades la institución que realice el proyecto deberá poner los dos sistemas a tono de tal forma que exista una excelente intercomunicación entre sistemas para la captura, manejo e interpretación de datos en general. **(Apartado 6.1.1).**

#### 2. LOCALIZACIÓN DE INFRAESTRUCTURA

- Ubicación de la infraestructura hidráulica **existente**  
Mediante geoposicionadores o métodos equivalentes, la institución que realice el proyecto deberá ubicar geográficamente en la traza digitalizada INEGI-DF, al menos 50 sitios existentes en la zona designada para la



recarga artificial y las aledañas, dando sus coordenadas y la nomenclatura adecuada para su identificación de cada sitios. **(Apartado 6.1.1).**

- Ubicación de la infraestructura hidráulica **futura**  
Mediante geoposicionadores o métodos equivalentes, la institución que realice el proyecto deberá ubicar geográficamente en la traza digitalizada INEGI-DF, al menos 20 sitios de los que se pretende construir y ubicar dentro de la zona designada para la recarga artificial y en las zonas aledañas, dando sus coordenadas y la nomenclatura adecuada para su identificación de cada sitios. **(Apartado 6.1.1).**
- Ubicación de la infraestructura con **riesgo de contaminación**

Mediante geoposicionadores o métodos equivalentes, la la institución que realice el proyecto deberá ubicar geográficamente en la traza digitalizada INEGI-DF, los sitios con riesgo de contaminación al acuífero, que se encuentren dentro de la zona designada para la recarga artificial y en las zonas aledañas. . **(Apartado 6.1.1).**

Se deberá elaborar un catalogo de instalaciones geoposicionadas con la información necesaria para su manejo y ubicación rápidamente, contemplando: ubicación, coordenadas, nomenclatura por sitio.

### 3. RECOPIACIÓN Y CAPTURA DE INFORMACIÓN (calidad del agua)

Conjuntar la información generada por el SACM, en cuanto a calidad del agua de la infraestructura existente, la futura y la que ofrece un riesgo de contaminación de la zona destinada para la recarga del acuífero y de las zonas aledañas, de tal forma que se cumpla con los alcances y metas establecidos en los presentes términos de referencia para ser capturada en los formatos generados por la empresa ganadora y aprobados por el SACM.

#### ALTERNATIVAS DE SUMINISTRO DE AGUA RESIDUAL

La institución que realice el proyecto en coordinación con el Área operativa y la Técnica en trabajos de campo, ubicará y revisará las diferentes alternativas de las fuentes de suministro de agua residual, la cual será tratada y potabilizada para ser usada en la recarga artificial del acuífero, determinando:

- Origen de las diferentes posibles fuentes
- Régimen de descarga
- Tipo de descarga
- Tratamiento aplicado para el reuso
- Uso y destino actual
- Uso pretendido.
- Medición de los volúmenes existentes en época de estiaje y lluvias
- Volumen promedio anual **(Apartado 6.1.2).**



### **Indicadores:**

Una vez realizados los estudios pertinentes y aceptados por las autoridades competentes en la materia, la recarga artificial al acuífero, será de mínimo de 2.0 y máximo 3.0 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), teniendo los siguientes beneficios:

- Atenuación del hundimiento de la zona oriente del DF, mediante la recarga artificial en los estratos de las arcillas de la zona norponiente de la ciudad, mediante pozos de profundidad variable de entre 60 a 80 metros.
- Proyecto único en su estructura con tecnología desarrollada en México para producir agua con características de agua de recarga hasta las condiciones establecidas en la norma de agua potable para la recarga del acuífero y mejorar las características del agua subterránea nativa en las delegaciones de Iztapalapa, Venustiano Carranza, Iztacalco y Tláhuac.
- A largo plazo y en caso de éxito, los depósitos de agua de recarga, servirán para el beneficio de una población de poco menos de 2.0 millones

### **Usuario de la demanda:**

Sistema de Aguas de la Ciudad de México  
Enlace: M.A. Luis Arturo Correa Camacho  
Subdirector de Control de Calidad del Agua  
Dirección Postal: Av. División del Norte 3330, Col. Ciudad Jardín, Coyoacán, CP 04370  
Teléfono: 55498220

### **Demanda 2.2. Caracterización del suelo de la zona de recarga artificial del acuífero de la zona oriente del Distrito Federal.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

### **Antecedentes:**

La ciudad de México, constantemente vive la problemática del suministro de agua potable en tiempo y forma, además del desalojo oportuno de las aguas residuales en eventos extraordinarios que constantemente se viven en las temporadas de lluvias y por otro lado la necesidad de aprovechar el agua residual tratada en forma local como riego de áreas verdes, llenado de lagos recreativos, uso industrial, el reuso en muebles sanitarios, y ahora con gran auge, el estudio de la recarga artificial del acuífero a partir de agua residual, llevada a nivel de agua potable como lo refiere la NOM-014-CONAGUA-2003 y como lo establece la NOM-127-SSA1-1996.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicó el 18 de Agosto de 2009 en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-014-



CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Norma en la que se establece condiciones previas para la recarga al acuífero.

Para dar cumplimiento a los apartados 6.1.3, inciso d), 6.1.3, inciso e), 6.1.3, inciso g), 6.2, inciso a) y 6.2, inciso b) de dicha norma, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) requiere contar con: la calidad histórica del agua subterránea nativa, conocer las captaciones de agua subterránea existentes o por construir, conocer las fuentes de contaminación potenciales en el área de recarga y sus sitios y aquellos que no sean capaces de retener los contaminantes presentes en el agua de recarga.

En el presente documento se dan los pormenores de las actividades que se deben realizar para dar cumplimiento a la *NOM-014-CONAGUA-2003 REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA, EN SU APARTADO 6. REQUISITOS 6.1 INFORMACIÓN Y ESTUDIOS BÁSICOS, 6.1.3 incisos d, e y g y 6.2, incisos a y b*. Para lo anterior las empresas participantes deberán contemplar en su cotización, las actividades no consideradas en los presentes términos de referencia para dar cumplimiento cabal a los incisos señalados en este párrafo.

#### **Objetivos Generales y Específicos:**

- Contar con el record histórico de las Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua subterránea nativa, en términos del requisito 6.4.6 de la Norma Oficial Mexicana; **(Apartado 6.1.3, inciso d)**.
- Identificar las fuentes y Captaciones de agua subterránea existentes o por construir: características constructivas, registros (geológico y geofísico), uso y calidad del agua extraída, nivel estático y dinámico, régimen de operación, y caudal específico; **(Apartado 6.1.3, inciso e)**.
- Determinar las Fuentes de contaminación aledañas al área de recarga: tipo de fuente, ubicación, régimen de descarga, características físico-químicas del efluente o lixiviados, en términos del requisito 6.4.6 de esta Norma. **(Apartado 6.1.3, inciso g)**.
- En la zona de recarga se debe identificar los Terrenos donde las características físico-químicas del suelo o del agua subterránea, hayan sido degradadas a causa de un evento previo de contaminación, aun cuando se hayan aplicado medidas de saneamiento. **(Apartado 6.2, inciso a)**.
- En la zona de recarga se debe identificar Terrenos que, por carecer de una cobertura edáfica y por predominar en el subsuelo rocas cársticas, fracturadas, o clásticos de grano grueso, no tengan capacidad para eliminar o atenuar los contaminantes presentes en el agua de recarga. Esta condición aplica únicamente a SRA de tipo Superficial y Subsuperficial. **(Apartado 6.2, inciso b)**.
- Identificar en la zona de recarga los sitios que por estar contaminados han recibido saneamiento, identificando: empresa contaminante, causa de la contaminación, fecha de la contaminación, cantidades y tipo de contaminante existente, concentraciones, periodo de saneamiento, proceso utilizado de saneamiento, empresa que ejecuto el trabajo.
-



### **Productos Esperados:**

- Relación de los pozos con su calidad fisicoquímica y bacteriológica histórica del agua), de los parámetros analizados por el Laboratorio Central del SACM, identificando aquellos que rebasan los límites máximos permisibles. La información deberá estar impresa y en archivos EXCEL; **(Apartado 6.1.3, inciso d)**.
- Registros en base de datos de las captaciones de agua subterránea existentes o por construir con: características constructivas, registros (geológico y geofísico), uso y calidad del agua extraída, nivel estático y dinámico, régimen de operación, y caudal específico; **(Apartado 6.1.3, inciso e)**.
- Relación de las fuentes de contaminación potenciales y aledañas al área de recarga: tipo de fuente, ubicación, régimen de descarga, características físico-químicas del efluente o lixiviados, en términos del requisito 6.4.6 de esta Norma. **(Apartado 6.1.3, inciso g)**.
- Relación en base de datos de los Terrenos donde las características físico-químicas del suelo o del agua subterránea, hayan sido degradadas a causa de un evento previo de contaminación, aun cuando se hayan aplicado medidas de saneamiento, documentando con un dictamen técnico elaborado en su momento y la situación actual que guarda el sitio. **(Apartado 6.1.4, inciso a)**.
- Planos en los que se localizarán los Terrenos de la zona de recarga, que por carecer de una cobertura edáfica y por predominar en el subsuelo rocas cársicas, fracturadas, o clásticos de grano grueso, no tengan capacidad para eliminar o atenuar los contaminantes presentes en el agua de recarga. Esta condición aplica únicamente a SRA de tipo Superficial y Subsuperficial. **(Apartado 6.1.4, inciso b)**.
- Bases de datos en EXCEL, planos donde se localizaran e identificación, de la zona de recarga los sitios que por estar contaminados han recibido saneamiento, identificando: empresa contaminante, causa de la contaminación, fecha de la contaminación, cantidades y tipo de contaminante existente, concentraciones, periodo de saneamiento, proceso utilizado de saneamiento, empresa que ejecuto el trabajo.
- Elaboración de los formatos correspondientes para reporte de resultados y la generación de reportes diarios, semanales y mensuales, para ser reportados mediante la página WEB.

Toda la información generada, deberá ser localizada y representada en la traza digitalizada.

### **Indicadores:**

Una vez realizados los estudios pertinentes y aceptados por las autoridades competentes en la materia, la recarga artificial al acuífero, será de mínimo de 2.0 y máximo 3.0 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), teniendo los siguientes beneficios:

- Atenuación del hundimiento de la zona oriente del DF, mediante la recarga artificial en los estratos de las arcillas de la zona norponiente de la ciudad, mediante pozos de profundidad variable de entre 60 a 80 metros.



- Proyecto único en su estructura con tecnología desarrollada en México para producir agua con características de agua de recarga hasta las condiciones establecidas en la norma de agua potable para la recarga del acuífero y mejorar las características del agua subterránea nativa en las delegaciones de Iztapalapa, Venustiano Carranza, Iztacalco y Tláhuac.
- A largo plazo y en caso de éxito, los depósitos de agua de recarga, servirán para el beneficio de una población de poco menos de 2.0 millones

### **Usuario de la demanda:**

Sistema de Aguas de la Ciudad de México  
Enlace: M.A. Luis Arturo Correa Camacho  
Subdirector de Control de Calidad del Agua  
Dirección Postal: Av. División del Norte 3330, Col. Ciudad Jardín, Coyoacán, CP 04370  
Teléfono: 55498220

### **Demanda 2.3. Calidad del Agua de Recarga, Experimentación Piloto del Proceso de Potabilización ubicado en Cerro de la Estrella.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

### **Antecedentes:**

La ciudad de México, constantemente vive la problemática del suministro de agua potable en tiempo y forma, además del desalojo oportuno de las aguas residuales en eventos extraordinarios que constantemente se viven en las temporadas de lluvias y por otro lado la necesidad de aprovechar el agua residual tratada en forma local como riego de áreas verdes, llenado de lagos recreativos, uso industrial, el reuso en muebles sanitarios, y ahora con gran auge, el estudio de la recarga artificial del acuífero a partir de agua residual, llevada a nivel de agua potable como lo refiere la NOM-014-CONAGUA-2003 y como lo establece la NOM-127-SSA1-1996.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicó el 18 de Agosto de 2009 en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-014-CONAGUA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Norma en la que se establece condiciones previas para la recarga al acuífero.

Para dar cumplimiento a los apartados 6.3.2), 6.3.2 inciso a), 6.3.2, inciso d), 6.3.2, inciso b) y 6.3.2, inciso c) 6.3.2, inciso f) de dicha norma, el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACM) requiere contar con: la calidad histórica del agua subterránea nativa, conocer las captaciones de agua subterránea existentes o por construir, conocer las fuentes de contaminación potenciales en el área de recarga y sus sitios y aquellos que no sean capaces de retener los contaminantes presentes en el agua de recarga.



En el presente documento se dan los pormenores de las actividades que se deben realizar para dar cumplimiento a la *NOM-014-CONAGUA-2003 REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS CON AGUA RESIDUAL TRATADA, EN SU APARTADO 6. REQUISITOS 6.1 INFORMACIÓN Y ESTUDIOS BÁSICOS*, 6.3.2), 6.3.2 inciso a), 6.3.2, inciso d), 6.3.2, inciso b) y 6.3.2, inciso c) 6.3.2, inciso f). Para lo anterior las empresas participantes deberán contemplar en su cotización, las actividades no consideradas en los presentes términos de referencia para dar cumplimiento cabal a los incisos señalados en este párrafo.

### **Objetivos Generales y Específicos:**

- Identificar las fuentes de suministro de agua potable, localizadas a una distancia menor de 1.0 km del límite exterior del SRA, captaciones que suministran agua para usos público-urbano o doméstico, a los que se deberá establecer un programa de vigilancia de la calidad del agua y dar cumplimiento a la TABLA 1 de la NOM. **(Apartado 6.3.2).**
- Realizar un proyecto “piloto” de recarga *in situ*, cuya operación tenga la duración suficiente para determinar: la calidad del agua resultante de la mezcla del agua de recarga con el agua subterránea nativa, la interacción del agua de recarga con el subsuelo, la respuesta de los niveles de agua a la recarga y las variaciones de la tasa de infiltración en el tiempo; **(Apartado 6.3.2, inciso a).**

Cumplir con los límites máximos permisibles en la calidad del agua de recarga que determine “La Comisión”, para aquellos parámetros no regulados por la NOM-127-SSA1-1994, cuya presencia se suponga atendiendo al origen del agua residual tratada (Tabla 3 de la NOM); **(Apartado 6.3.2, inciso d).**

- Análisis hidrogeoquímico, basado en un modelo numérico, de las probables reacciones fisicoquímicas del agua de recarga con el agua subterránea nativa y con los materiales que conforman el acuífero y la zona no saturada. El análisis debe concluir: si el agua de recarga es compatible con el agua subterránea nativa o si existen condiciones para generar alguna reacción fisicoquímica que altere la calidad del agua nativa o las propiedades hidráulicas del acuífero. **(Apartado 6.3.2, inciso b).**
- Aplicar un modelo numérico de flujo y transporte de solutos, para simular el impacto del SRA en la calidad del agua nativa en las captaciones subterráneas y en los niveles del acuífero a recargar. La elaboración de este modelo deberá seguir el protocolo establecido por Anderson y Woessner (Apéndice Normativo A de la NOM); **(Apartado 6.3.2, inciso c).**
- Respetar las distancias mínimas y el tiempo de residencia que se especifican en la Tabla 2. **(Apartado 6.3.2, inciso f).**

### **Productos Esperados:**

- Identificar las fuentes de suministro de agua potable, localizadas a una distancia menor de 1.0 km del límite exterior del SRA, captaciones que suministran agua para usos público-urbano o doméstico, a los que se deberá



establecer un programa de vigilancia de la calidad del agua y dar cumplimiento a la TABLA 1 de la NOM. **(Apartado 6.3.2).**

- Realizar un proyecto “piloto” de recarga *in situ*, cuya operación tenga la duración suficiente para determinar: la calidad del agua resultante de la mezcla del agua de recarga con el agua subterránea nativa, la interacción del agua de recarga con el subsuelo, la respuesta de los niveles de agua a la recarga y las variaciones de la tasa de infiltración en el tiempo; **(Apartado 6.3.2, inciso a).** Cumplir con los límites máximos permisibles en la calidad del agua de recarga que determine “La Comisión”, para aquellos parámetros no regulados por la NOM-127-SSA1-1994, cuya presencia se suponga atendiendo al origen del agua residual tratada (Tabla 3 de la NOM); **(Apartado 6.3.2, inciso d).**
- Análisis hidrogeoquímico, basado en un modelo numérico, de las probables reacciones fisicoquímicas del agua de recarga con el agua subterránea nativa y con los materiales que conforman el acuífero y la zona no saturada. El análisis debe concluir: si el agua de recarga es compatible con el agua subterránea nativa o si existen condiciones para generar alguna reacción fisicoquímica que altere la calidad del agua nativa o las propiedades hidráulicas del acuífero. **(Apartado 6.3.2, inciso b).**
- Aplicar un modelo numérico de flujo y transporte de solutos, para simular el impacto del SRA en la calidad del agua nativa en las captaciones subterráneas y en los niveles del acuífero a recargar. La elaboración de este modelo deberá seguir el protocolo establecido por Anderson y Woessner (Apéndice Normativo A de la NOM); **(Apartado 6.3.2, inciso c).**
- Respetar las distancias mínimas y el tiempo de residencia que se especifican en la Tabla 2. **(Apartado 6.3.2, inciso f).**
- Elaboración de los formatos correspondientes para reporte de resultados y la generación de reportes diarios, semanales y mensuales, para ser reportados mediante la página WEB.

Toda la información generada, deberá ser localizada y representada en la traza digitalizada.

### **Indicadores:**

Una vez realizados los estudios pertinentes y aceptados por las autoridades competentes en la materia, la recarga artificial al acuífero, será de mínimo de 2.0 y máximo 3.0 metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ), teniendo los siguientes beneficios:

- Atenuación del hundimiento de la zona oriente del DF, mediante la recarga artificial en los estratos de las arcillas de la zona norponiente de la ciudad, mediante pozos de profundidad variable de entre 60 a 80 metros.
- Proyecto único en su estructura con tecnología desarrollada en México para producir agua con características de agua de recarga hasta las condiciones establecidas en la norma de agua potable para la recarga del acuífero y mejorar las características del agua subterránea nativa en las delegaciones de Iztapalapa, Venustiano Carranza, Iztacalco y Tláhuac.
- A largo plazo y en caso de éxito, los depósitos de agua de recarga, servirán para el beneficio de una población de poco menos de 2.0 millones



- Con base en los resultados del proyecto “piloto”, de los análisis de los estudios y del modelo de simulación a que se refieren los incisos anteriores, se determina si es procedente autorizar la construcción del SRA y, en su caso, se fija el volumen máximo de recarga considerando la extracción y las características constructivas de las captaciones de agua para usos doméstico y público-urbano. **(Apartado 6.3.3).**
- Se podrá aplicar agua de recarga con una calidad menor a la establecida en la Tabla 1., sujeto al cumplimiento de las condiciones siguientes: **(Apartado 6.3.4).**
  - Que se construyan SRA únicamente de tipo superficial/subsuperficial; **(Apartado 6.3.4, inciso a).**
  - Que a distancias menores de 1.0 km del límite exterior de las obras de recarga, no existan captaciones que suministren agua subterránea para usos público-urbano o doméstico, y existan captaciones que recuperen el agua de recarga para otros usos distintos a los mencionados, y **(Apartado 6.3.4, inciso b).**
  - Que se compruebe mediante estudios técnicos, que el suelo y el subsuelo tienen capacidad para remover o reducir la concentración de aquellos elementos del agua de recarga que excedan los límites establecidos en la NOM-127-SSA1-1994. **(Apartado 6.3.4, inciso c).**

#### **Usuario de la demanda:**

Sistema de Aguas de la Ciudad de México  
Enlace: M.A. Luis Arturo Correa Camacho  
Subdirector de Control de Calidad del Agua  
Dirección Postal: Av. División del Norte 3330, Col. Ciudad Jardín, Coyoacán  
CP 04370  
Teléfono: 55498220

### **ÁREA 3: MEDIO AMBIENTE**

**Demanda 3.1. Estudio de modelado de escenarios de cambio climático y condiciones-tendencias del microclima con y sin acciones de adaptación para establecer y visualizar alternativas, así como su expresión de peligro considerando la población más vulnerable en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

El cambio climático como fenómeno global se está expresando primordialmente como un aumento en la variabilidad del clima regional y local. En el contexto del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México se están promoviendo acciones



estratégicas de mitigación que reducen las aportaciones de Gases de Efecto Invernadero, y acciones de adaptación dirigidas a disminuir la vulnerabilidad de la ciudad mediante estrategias de desarrollo institucional.

La Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), comprendida por el territorio integrado por las 16 Delegaciones del Distrito Federal y los 59 municipios del Estado de México<sup>1</sup>, estará experimentando los efectos del calentamiento global aunados a los procesos de deterioro ambiental asociados al ritmo y tipo de desarrollo urbano. Ante la incertidumbre de las variaciones del clima, contar con información precisa de los impactos sociales, económicos y ambientales de estas fuerzas se vuelve indispensable.

La expresión más clara del cambio climático es el impacto y expresión de los eventos extremos del clima, los desastres naturales (lluvias extremas, sequías, olas de calor, vientos fuertes, etc.) y sus efectos diferenciados en uno y otro sector, en el territorio – barrancas, zonas forestales, agrícolas-, y en la población y su economía –niños, adultos mayores, desempleados, empleados informales, etc.

Resulta particularmente relevante llevar a cabo escenarios de cambio climático, más allá de los límites de la Ciudad de México, porque los impactos de este fenómeno no tienen fronteras y es importante considerar los efectos que se tengan también en la ZMVM para saber cómo aplicar políticas que mitiguen los efectos de este fenómeno o para orientar las políticas de adaptación al cambio climático.

### **Objetivo General:**

Conocer el comportamiento histórico de los eventos climáticos extremos en la ZMVM, lo anterior para poder estimar las expresiones territoriales que tendrían estos eventos climáticos extremos, ante diferentes escenarios del cambio climático, modelando cómo los cambios y tendencias actuales del uso del suelo pueden afectar dichas expresiones en tanto su relación social, económica y política con la población más vulnerable. Con esta información se debe hacer una evaluación de las condiciones y estructura institucional actual relativa a la ZMVM que tienen relación con la prevención y manejo de los impactos (mitigación) ante eventos climáticos extremos para proponer nuevos arreglos y políticas públicas que permitan disminuir la vulnerabilidad de la ciudad en general y en particular de la población con menores ingresos.

### **Objetivos Específicos:**

- Identificar y caracterizar los tipos de eventos climáticos extremos en la ZMVM y conocer el comportamiento histórico de estos eventos y su relación social y económica, de los últimos 100 años para la ZMVM.
- Proponer indicadores de riesgo y vulnerabilidad diferenciada territorial y socialmente en la ZMVM y establecer su expresión temporal y espacial calculando sus anomalías.
- Establecer y estimar la diferenciación de los costos sociales y económicos por los eventos climáticos extremos de los últimos 100 años para la ZMVM.
- Determinar y sugerir las medidas de prevención específicas ante eventos climáticos extremos para la ZMVM.

---

<sup>1</sup> Gaceta Oficial del DF.



- Realizar análisis que sirvan como instrumento de planeación para la ZMVM ante las condiciones de variabilidad climática en escenarios para los próximos 30 años<sup>2</sup>, diferenciando la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.
- Identificar y caracterizar las expresiones en el territorio de eventos extremos del clima mediante la utilización de modelos donde se integren los escenarios del cambio climático, las respuestas del microclima con las condiciones y tendencias actuales del uso del suelo (crecimiento de la mancha urbana-islas de calor-, pérdida de suelo de conservación, pérdida de superficie de áreas de captación, etc.), para los próximos 30 años en la ZMVM.
- Modelar la expresión territorial diferenciada de estos impactos en cuanto a riesgo y vulnerabilidad de la población vulnerable para los siguientes 30 años.
- Realizar un estudio detallado de la evolución y arreglos (estructura y funciones) institucionales relacionadas directa e indirectamente en la prevención y mitigación de eventos extremos del clima en ZMVM.
- Determinar y sugerir las medidas de prevención específicas ante eventos climáticos extremos para la ZMVM, tomando en cuenta los eventos en los últimos 100 años y el modelo a 30 años.

### **Productos Esperados:**

- Informe técnico documental y digital que incluya la metodología y los resultados del estudio referente la identificación, caracterización y comportamiento histórico de los eventos climáticos extremos y su relación social y económica, de los últimos 100 años<sup>3</sup> para la ZMVM y que incluya también los indicadores de riesgo y vulnerabilidad diferenciada territorial y socialmente en la ZMVM, estableciendo su expresión temporal y espacial calculando sus anomalías.
- En este documento se deberá también integrar la estimación de los costos sociales y económicos por los eventos climáticos extremos de los últimos 100 años para la ZMVM y se deberán sugerir las medidas de prevención específicas ante eventos climáticos extremos para la ZMVM.
- Informe técnico documental y digital que incluya la metodología y los resultados del estudio referente a los escenarios de cambio climático para los próximos 30 años<sup>4</sup> que se tendrán en la ZMVM, tomando en cuenta la identificación y caracterización de las expresiones en el territorio de eventos extremos del clima mediante la utilización de modelos donde se integren los escenarios del cambio climático, las respuestas del microclima con las condiciones y tendencias actuales del uso del suelo (crecimiento de la mancha urbana-islas de calor-, pérdida de suelo de conservación, pérdida de superficie de áreas de captación, etc.), para los próximos 30 años en la ZMVM.
- este documento también integrará los resultados del estudio detallado de la evolución y arreglos (estructura y funciones) institucionales relacionadas directa e indirectamente en la prevención y mitigación de eventos extremos del clima

---

<sup>2</sup> El análisis de los escenarios a futuro, deberá de contemplar periodos de 10 años, es decir se haría un escenario al 2020, otro al 2030 y otro al 2040.

<sup>3</sup> La periodicidad de la información para esta caracterización deberá ser al menos por año.

<sup>4</sup> El análisis de los escenarios a futuro, deberá de contemplar periodos de 10 años, es decir se haría un escenario al 2020, otro al 2030 y otro al 2040.



en ZMVM y las recomendaciones las medidas de prevención específicas ante eventos climáticos extremos para la ZMVM, tomando en cuenta los eventos en los últimos 100 años y el modelo a 30 años.

- Sistema de Información Geográfica (SIG) digital, de la ZMVM, en donde se integren los resultados de los estudios y se puedan llevar a cabo análisis en línea, de los eventos climáticos extremos de los últimos 100 años y también en donde se pueda observar los mapas de la ZMVM con sus delimitaciones territoriales, referentes a los diferentes escenarios de cambio climático modelos a 30 años. Como parte de este SIG se deberán de entregar los bancos de datos con la información de cada variable utilizada, así como las metodologías utilizadas para analizar las tendencias del pasado (hace 100 años) y las tendencias hacia el futuro.<sup>5</sup>
- Síntesis documental y digital para autoridades gubernamentales que incluya la evaluación de la eficiencia y eficacia de las respuestas institucionales ante eventos extremos del clima en la ZMVM y las propuestas de desarrollo institucional y de políticas públicas para disminuir la vulnerabilidad en la en la Ciudad de México y su Zona Metropolitana.

#### **Indicadores:**

- ★ 1.- Base de datos cartográfica de riesgos y vulnerabilidad.
- ★ 2.- Criterios para estimar riesgo y vulnerabilidad.

#### **Periodo de tiempo:**

El tiempo estimado para la realización de este estudio es de 8 meses a 1 año.

#### **Usuarios de la demanda:**

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal  
Enlace: Oscar Alejandro Vázquez Martínez  
Director de Programa de Cambio Climático y Proyectos MDL  
E-mail: [ovazquez@df.gob.mx](mailto:ovazquez@df.gob.mx)  
Tel: 5345-8183

### **Demanda 3.2. Estudio para Evaluar los Impactos Socioeconómicos<sup>6</sup> del Cambio Climático en la Ciudad de México.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

---

<sup>5</sup> Se deberá de entregar a la Secretaría del Medio Ambiente el Sistema de Información Geográfica en software que sea compatibles con los sistemas ya instalados en sus equipos.

<sup>6</sup> El impacto socioeconómico se refiere a llevar a cabo la evaluación de los costos por los impactos del cambio climático y el aspecto social se refiere a evaluar también las afectaciones a la Sociedad.



El cambio climático como fenómeno global se está expresando primordialmente como un aumento en la variabilidad del clima, principalmente en términos de eventos extremos más intensos y frecuentes. En el contexto del Programa de Acción Climática de la Ciudad de México se están promoviendo acciones estratégicas de mitigación que reducen las emisiones de Gases de Efecto Invernadero, y acciones de adaptación dirigidas a disminuir la vulnerabilidad de la ciudad, incluyendo estrategias de desarrollo institucional.

La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) está experimentando los efectos del calentamiento global aunados a los procesos de deterioro ambiental asociados a un explosivo crecimiento urbano. Considerando los escenarios de los cambios del clima local para las próximas décadas, contar con información de la vulnerabilidad presente y futura se vuelve indispensable para estimar impactos sociales, económicos y ambientales con y sin adaptación.

La expresión más clara del cambio climático está en los incrementos de lluvias intensas y los impactos que han tenido en forma de inundaciones. Otros eventos extremos del clima que llevan a diversos tipos de desastres en la Ciudad de México son sequías, ondas de calor, vientos fuertes, etc. cuyos efectos diferenciados en uno y otro sector del valle de México –barrancas, zonas forestales, agrícolas-, y en la población y su economía –niños, adultos mayores, desempleados, empleados informales, comienzan a requerir una respuesta por parte de gobierno y sociedad.

Se sabe que, aunque los impactos presentes y futuros del cambio climático afectan a todos los sectores socioeconómicos, los más afectados son y serán las poblaciones más pobres, ya que para ellas eventos como sequías, inundaciones y tormentas suelen ser experiencias terribles al poner en riesgo su vida debido a su alta dependencia de los recursos que los rodean y su limitada posibilidad de adaptación a las futuras condiciones climáticas sin ayuda externa.

De esta manera, el cambio climático, según la localización geográfica, actuará reduciendo la disponibilidad del agua, afectando la salud y ampliando la distribución de vectores; asimismo los hogares se verán afectados por inundaciones y se pondrá en peligro la seguridad alimentaria, entre otros impactos de igual gravedad.

El cambio climático es, en síntesis, un tema transversal que cruza y se articula con los principales componentes de las políticas ambiental y de desarrollo de la Ciudad de México, entre ellas las vinculadas con la pobreza, la energía, el agua, la movilidad, el suelo de conservación, el desarrollo económico, la gestión de residuos, la vulnerabilidad y la educación ambiental.

Sin acciones para mitigar el cambio climático, éste puede traer en el mediano y largo plazos alteraciones irreversibles de los balances biológicos que hacen posible la vida en el planeta. Por lo pronto, estos cambios de clima tienen ya efectos negativos sobre comunidades humanas en prácticamente todo el mundo, lo que se refleja en pérdida de vidas y en altísimos costos económicos.

Por lo anterior y de acuerdo con la prioridades que se tiene el Gobierno del Distrito Federal, planteadas en el Programa General de Desarrollo del D.F. 2007-2012, específicamente en el Eje 6. Desarrollo Sustentable y de Corto y Mediano Plazo que es defender los derechos y el bienestar de todos, teniendo en cuenta su responsabilidad con las generaciones las futuras, se ha asumido como un compromiso de alta prioridad la conservación y protección del medio ambiente, así como el manejo eficiente y sustentable de los recursos naturales que permitan garantizar la viabilidad de la ciudad para ofrecer oportunidades de desarrollo y luchar por los derechos y el



bienestar, de las generaciones actuales y de las futuras, asegurando la sustentabilidad de la ciudad a corto, mediano y largo plazo, al mismo tiempo que se mejoran sus condiciones de habitabilidad e imagen.

En este sentido, para alcanzar los objetivos planteados, la Ciudad de México presentó el 5 de agosto del 2007 su Plan Verde, que es la ruta del Gobierno del Distrito Federal a mediano plazo (15 años) que contiene las estrategias y acciones para encaminar a la Ciudad de México hacia la sustentabilidad de su desarrollo y es además un mecanismo de comunicación para que los ciudadanos conozcan estos temas.

En el marco del Plan Verde, el Gobierno del Distrito Federal elaboró el primer Programa de Acción Climática en América Latina y fue publicado el 5 de junio de 2008, este programa contiene acciones enfocadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en 4 sectores: energía, agua, transporte y residuos. Y también contiene acciones para adaptarnos al cambio climático y para comunicación y educación en lo referente a este fenómeno y tiene como metas: reducir 7 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente acumuladas al 2012 y realizar un programa de adaptación al cambio climático.

Es en este marco, en el que se desea hacer un análisis de los costos de NO hacer nada para enfrentar el cambio climático en la Ciudad de México y las inversiones requeridas para la adaptación y mitigación de Gases de Efecto Invernadero.

Este análisis deberá de tomar en cuenta estudios previos realizados, como son el Informe Stern el cual abordó los impactos del cambio climático con un enfoque global, así como los resultados del Estudio La Economía del Cambio Climático<sup>7</sup>

### **Objetivo General:**

Evaluar los costos de NO hacer nada para enfrentar el cambio climático en la Ciudad de México y las inversiones requeridas para la adaptación y mitigación de Gases de Efecto Invernadero.

### **Objetivos Específicos:**

- Realizar un estudio detallado en donde se evalúen los costos asociados ante diferentes escenarios de Cambio Climático en la Ciudad de México, tomando en cuenta los eventos hidrometeorológicos extremos, la población vulnerable, los posibles desastres, etc.
- Evaluar los costos en diferentes escenarios, en donde NO se realicen acciones para hacer frente al cambio climático en la Ciudad de México
- Evaluar los costos de las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en la Ciudad de México y llevar a cabo escenarios de cambio climático tomando en cuenta estas acciones.

### **Productos Esperados:**

Estudios

- Metodología para estimar los impactos socioeconómicos del cambio climático en la Ciudad de México, diferenciado por sectores.

---

<sup>7</sup> SEMARNAT. Galindo, Luis Miguel Dr. La Economía del Cambio Climático. México. 2009



- Estudio en donde se evalúan los costos de NO hacer nada para hacer frente al cambio climático.
- Estudio en donde se evalúen los costos de las acciones de mitigación y adaptación al cambio climático en la Ciudad de México, incluyendo escenarios de cambio climático.

#### Modelos

- Simulación de los impactos climáticos y sus impactos económicos y sociales, incluyendo variables climáticas, económicas, de población, sociales, escenarios, mapas de riesgos, etc.
- Base de datos con la información utilizada para llevar a cabo las simulaciones.

#### **Indicadores:**

- Económicos: costos de los impactos sociales y económicos del cambio climático en la Ciudad de México

#### **Periodo de tiempo:**

El tiempo estimado para la realización de este estudio es de 6 a 8 meses.

#### **Usuarios de la demanda:**

Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal  
Enlace: Oscar Alejandro Vázquez Martínez  
Director de Programa de Cambio Climático y Proyectos MDL  
E-mail: [ovazquez@df.gob.mx](mailto:ovazquez@df.gob.mx)  
Tel: 5345-8183

## **ÁREA 4: SALUD**

### **DEMANDA 4.1. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, EQUIPAMIENTO Y CERTIFICACIÓN DE UN PROTOTIPO DE LABORATORIO MODULAR DE BIOSEGURIDAD DE NIVEL 3, QUE PERMITA EL AISLAMIENTO Y MANIPULACIÓN SEGURA DE MICROORGANISMO PATÓGENOS.**

**Modalidad:** Creación y Fortalecimiento de Infraestructura.

#### **Antecedentes:**

Como consecuencia de la reciente epidemia de Influenza A H1N1, se identificó como una de las debilidades del Sistema de Vigilancia Epidemiológica en la Ciudad de México y en todo el país, la falta de tecnologías e infraestructura para llevar a cabo un diagnóstico rápido del virus de la influenza. La respuesta a esta problemática por parte del gobierno del DF, fue la creación de una red de laboratorios ubicados en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, la Escuela Superior de Medicina del



IPN, el CINVESTAV de Zacatenco y en el Hospital del Ajusco medio (SSaDF) que conforman el Centro de Diagnóstico y Vigilancia Epidemiológica del DF (CDE-DF). Esta red de laboratorios está constituida por modernos laboratorios de Bioseguridad de nivel 2, equipados con la más moderna tecnología para desarrollar el diagnóstico molecular de diferentes microorganismos patógenos. Sin embargo, el aislamiento y manipulación de patógenos como *Brusella* sp, virus de la fiebre del Valle del Rift, encefalitis equina venezolana, ántrax y *Francisella tularensis* (tularemia) y tuberculosis, requieren de instalaciones de un nivel de seguridad biológica superior (nivel de bioseguridad 3), las cuales además garantizan la seguridad del personal y disminuye el riesgo de diseminación de los patógenos.

En todo el país existen muy pocas instalaciones con estas características y en el DF sólo existe una, inaugurada recientemente en el Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (INDRE). Este laboratorio permite el trabajo de dos personas a la vez y solamente se pueden procesar 30 muestras diarias, para atender las necesidades de todos los estados del país.

### **Objetivo General:**

Diseñar, construir, equipar y certificar un prototipo de laboratorio modular que cumpla con las normas internacionales para el nivel 3 de seguridad biológica.

### **Objetivos Específicos:**

1. Diseñar, construir e instalar un laboratorio modular de bioseguridad nivel 3.
2. Obtener la certificación emitida por organismos internacionales que acredite al laboratorio como BSL3.
3. Calificar y entrenar al personal que prestará servicio en esta instalación BSL3.

### **Productos Esperados:**

- Laboratorio modular de bioseguridad de nivel 3, instalado y equipado que cumpla con las siguientes características:
  - ▶ Cumplir con las normas establecidas para un nivel de contención 3, según lo establece BMBL (Biosafety in Microbiology and Biomedical Laboratories, CDC/NIH 5ta Edition) y el Manual de Bioseguridad de laboratorios, Organización Mundial de la Salud (OMS).
  - ▶ El laboratorio debe ser construido en un formato de dos contenedores ISO de 12.2 m x 2.44 m cada uno. Los contenedores deben tener la capacidad de ser transportados a otros sitios de ser el caso.
  - ▶ La unión entre los dos contenedores que conforman el laboratorio deben ser de acero inoxidable y quedar estrictamente sellada a prueba de escape de gases.
  - ▶ Los cables y tuberías para los servicios de voz y datos, eléctricos y de gases, deben estar en conductos de acero inoxidable y tener un perímetro cerrado y sellado.
  - ▶ El contenedor, sus marcos y el piso debe ser todo de acero. Queda estrictamente prohibido el uso de madera u otro material que no sea metal para su construcción.



- ▶ El marco base de acero que conforma el contenedor deberá ser sellado, aislado y recubierto con aluminio.
  - ▶ El piso de los contenedores que conforman el laboratorio debe ser recubierto con aluminio, de forma tal que facilite la instalación y movimiento seguro de equipos pesados.
  - ▶ Se requerirá aislamiento sólido entre las paredes del laboratorio.
  - ▶ Las puertas exteriores del laboratorio deberán contar con cerraduras de seguridad electrónicas con tarjetas magnéticas o combinaciones numéricas.
  - ▶ Los marcos de las puertas exteriores deben ser de acero inoxidable y permitir el cierre hermético de las mismas.
  - ▶ Las paredes interiores deben ser de un material que permitan ser lavadas con agentes líquidos y descontaminados con gas. Debe tener bordes sanitarios.
  - ▶ El piso del laboratorio debe ser construido de un material impermeable, antiderrapante y que permita ser lavado y descontaminado.
  - ▶ El laboratorio debe contar con todos los componentes mecánicos, eléctricos y de plomería requeridos para este nivel de bioseguridad.
    - Debe tener un sistema HVAC con filtros HEPA para la filtración del aire de entrada y de salida.
    - El sistema HVAC deberá suministrar un flujo de aire direccional y cascadas de presión de aire que garanticen la contención dentro del laboratorio y en el área de acceso.
    - El sistema HVAC deberá estar conectado a controles de presión, monitores y alarmas que controlen su operación correcta y mantenga las cascadas de presión de aire requeridas.
    - El suministro eléctrico deberá ser de 60 Hz.
    - El laboratorio deberá contar con una fuente de respaldo eléctrico suficiente para alimentar los dispositivos de contención primaria (gabinetes de seguridad) y los equipos de refrigeración.
    - Las tuberías de suministro de agua y las de drenaje deben ser de CPVC.
    - El laboratorio debe estar equipado con una tarja con pila y lavajos de operación automática mediante rayos infrarrojos.
  - ▶ El laboratorio deberá contar con el siguiente equipamiento: Autoclave de paso, 3 gabinetes de seguridad biológica clase II, un gabinete de seguridad biológica de clase III, 2 incubadoras de CO<sub>2</sub>, facilidades de refrigeración (4 °C, -20 °C y -80 °C), 1 contenedor de nitrógeno líquido, una ultracentrífuga, una centrífuga refrigerada, sistema HAVAC, tarja de operación IR, con lavajos, planta eléctrica o UPS, sistema de tratamiento de residuos contaminados,
  - ▶ El laboratorio debe ser entregado totalmente equipado, funcionando al 100%, certificado como laboratorio de bioseguridad de nivel 3.
- El laboratorio deberá ser entregado con un certificado de operación emitido por organismos internacionales para laboratorios con barrera de contención de nivel 3.



- Se deberá calificar y entrenar 5 personas para trabajar en laboratorios de bioseguridad de nivel 3.

#### **Indicadores de Impacto:**

- Identificación de agentes infecciosos emergentes con estándares de calidad internacional.
- Capacidad para emitir alerta temprana de enfermedades emergentes o provocadas por brotes internacionales que lleguen a la Ciudad de México.
- Aumento en la calidad de la información generada y en la custodia del material biológico que se genera en estos laboratorios con respecto a los laboratorios de bioseguridad de nivel 2.
- Aumento de la protección personal y se minimizan los riesgos contra la salud del personal que trabaja en estos laboratorios con respecto a los laboratorios de bioseguridad de nivel 2.

#### **Usuario de la Demanda:**

Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.  
Enlace: Dra. Cecilia Bañuelos Barrón  
Directora de Investigación en Salud, Biotecnología y  
Medio Ambiente del Instituto de Ciencia y Tecnología  
del Distrito Federal  
República de Chile #6, Col. Centro  
C.P. 06010. Del. Cuauhtémoc, México D.F.  
Teléfonos: +52(55) 55 12 10 12 ext. 202

#### **Demanda 4.2. DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL DIAGNÓSTICO PRECISO Y OPORTUNO DE ENFERMEDADES QUE TIENEN UN ALTO IMPACTO EN LA SALUD DE LOS HABITANTES DEL DISTRITO FEDERAL: DIABETES.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

El incremento continuo de la prevalencia de la Diabetes Mellitus (DM) en el mundo ha convertido a esta patología en una epidemia. Dicho aumento de la población diabética, se debe en gran medida al aumento de la prevalencia de la obesidad y el sedentarismo. Según fuentes de la Organización Mundial de la Salud (OMS), existen actualmente en el mundo más de 1809 millones de personas con diabetes (380 millones en el 2025). En México la prevalencia se encuentra alrededor de 8 millones de personas con diabetes, entre el 6% y el 10% de la población nacional tiene diabetes. En el Distrito Federal, el número de defunciones por diabetes aumentó un 128% de 2000 a 2005, mientras que la población creció menos de un 1%. La OMS calcula que en el 2030 habrá entre 12 y 15 millones de diabéticos en México. De cumplirse estas predicciones, el costo social y económico sería catastrófico.



Debido a su elevada prevalencia, sus complicaciones crónicas y la alta mortalidad que conlleva, es una de las enfermedades con un mayor impacto social y sanitario. La DM se define como un grupo de alteraciones metabólicas de etiología múltiple, caracterizada por hiperglucemia crónica y trastornos en el metabolismo de los hidratos de carbono, las grasas y las proteínas, resultantes de un defecto en la secreción de insulina, en la acción de la insulina o en ambas. Los factores genéticos, familiares y ambientales son promotores de la enfermedad. De ahí la importancia de tener marcadores de susceptibilidad específicos para la población mexicana del distrito federal que podrían ser útiles para todos los mexicanos. Esto debido a que la mayor parte de los estudios hasta el momento sobre marcadores de susceptibilidad a la enfermedad se ha definido en poblaciones de anglosajonas.

La diabetes es un grupo de enfermedades metabólicas caracterizadas por hiperglucemia, resultado de defectos en la secreción de la insulina, acción de la insulina o ambos. La hiperglucemia crónica de la diabetes está asociada con el daño en un término largo, disfunción y falla de diferentes órganos, especialmente los ojos, los riñones, los nervios el corazón y los vasos sanguíneos.

Algunos procesos patológicos están involucrados en el desarrollo de la diabetes. Estos van desde destrucción autoinmune de las células B del páncreas, con la consecuente deficiencia de la insulina hasta la acción de la insulina. Las bases de las anormalidades del metabolismo de carbohidratos, grasas y proteínas en diabéticos es deficiente debido a la poca acción de la insulina en los tejidos blanco. Las deficiencias en la acción de la insulina resulta de la secreción inadecuada de la insulina y /o disminución de la respuesta de los tejidos a la insulina en uno o más puntos en las vías complejas de la acción hormonal. El desequilibrio de la secreción de la insulina y defectos en la acción de la insulina frecuentemente coexisten en los mismos pacientes y frecuentemente no está claro cuál de las anormalidades, si hay alguna individual, es la causa primaria de la hiperglucemia.

La mayor parte de los casos cae en dos tipos principales de diabetes. En una categoría, el tipo 1 de diabetes, la causa es la deficiencia absoluta de secreción de insulina. Los individuos que en riesgo elevado de adquirir este tipo de diabetes se pueden identificar por evidencias serológicas de un incremento en procesos patológicos de autoinmunidad que ocurre en los islotes pancreáticos y por marcadores genéticos.

La otra categoría, es la diabetes tipo 2, la causa es una combinación de la resistencia a la activación de la insulina y a una respuesta inadecuada a la respuesta de la secreción de la insulina. En este caso, el grado de hiperglucemia es suficiente para causar cambios patológicos y funcionales en diferentes tejidos; sin embargo, no muestra síntomas clínicos y puede estar presente por un periodo de tiempo muy largo antes de que se detecte la diabetes.

Debido a los diferentes tipos de diabetes, algunos pacientes requieren del tratamiento por insulina y otros no lo requieren. La severidad de las anormalidades metabólicas puede evolucionar, o regresar o quedarse igual. Por lo tanto, el grado de hiperglucemia refleja la severidad del proceso metabólico y su tratamiento más que la naturaleza del proceso en sí.

En la literatura se han descrito 26 loci de susceptibilidad para la diabetes tipo 2. Sin embargo, todos estos loci explican menos del 10% de los casos de diabetes tipo 2 heredada. Algunos de estos loci de susceptibilidad se han confirmado y adicionado otros. Por otro lado la mayor parte de los estudios se han realizado en poblaciones



caucásicas, por lo que es necesario que se busquen los loci de susceptibilidad para la población mexicana del Distrito Federal.

### **Objetivo General:**

Identificar marcados genéticos de susceptibilidad a la diabetes y desarrollar un prototipo para la identificación de estos loci en la población mexicana del Distrito Federal para que el personal médico de los centros de Salud Pública puedan ofrecer los tratamientos adecuados y preventivos en los pacientes de nuestra ciudad que tengan estas enfermedades o aquellos que presenten los loci de susceptibilidad.

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar los loci de susceptibilidad a diabetes para desarrollar un prototipo de diagnóstico preventivo para los habitantes de la Ciudad de México para que puedan recibir el tratamiento adecuado.
- Diseñar un prototipo de diagnóstico para la detección de marcadores genéticos de susceptibilidad a la diabetes para que se utilice en pacientes de los centros de Salud Pública de la Ciudad de México para sus habitantes reciban un tratamiento adecuado.

### **Productos Esperados:**

- Un prototipo para el diagnóstico de susceptibilidad a la diabetes en la Ciudad de México que sea económico, preciso y aplicable a un gran número de pacientes.
- Solicitud de patente/s.

### **Indicadores:**

#### **A corto plazo:**

- Determinar todos los marcadores genéticos específicos para la detección de susceptibilidad a la diabetes para el diagnóstico oportuno en la población de la Ciudad de México.
- Desarrollo de un prototipo para el diagnóstico de susceptibilidad a la diabetes para los habitantes de la Ciudad de México para que reciban un tratamiento preventivo. Esto reduciría los costos de los centros de salud de la Ciudad de México.

#### **A largo plazo:**

- Prevención de la diabetes en la Ciudad de México.
- Garantizar el tratamiento adecuado a los pacientes del Distrito Federal con susceptibilidad a diabetes.

**Población objetivo:** Toda la población de la Ciudad de México.

Población directamente beneficiada: hombres, mujeres y niños de todas las edades del Distrito Federal susceptibles a la diabetes.



Población indirectamente beneficiada: toda la población que utilice los servicios de salud donde se apliquen estos sistemas de diagnóstico. Esto debido a que al ser atendidos por personal capacitado en los métodos de diagnóstico específicos, obtendrán una atención de calidad, personalizada y adecuada, promoviendo un incremento en los tratamientos dirigidos específicamente contra estas enfermedades, lo que trae como consecuencia la disminución en los costos.

#### **Usuario de la Demanda:**

Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.  
Enlace: Dra. Cecilia Bañuelos Barrón  
Directora de Investigación en Salud, Biotecnología y Medio Ambiente del Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal  
República de Chile #6, Col. Centro  
C.P. 06010. Del. Cuauhtémoc, México D.F.  
Teléfonos: +52(55) 55 12 10 12 ext. 202

**Demanda 4.3. DESARROLLO Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO PARA EL DIAGNÓSTICO PRECISO Y OPORTUNO DE ENFERMEDADES QUE TIENEN UN ALTO IMPACTO EN LA SALUD DE LOS HABITANTES DEL DISTRITO FEDERAL: INFECCIONES POR EL VIRUS DEL OESTE DEL NILO (VON), DENGUE VIRUS (DENV). MARCADORES GENÉTICOS DE SUSCEPTIBILIDAD AL VON Y AL DENV.**

**Modalidad:** Investigación Científica Aplicada.

#### **Antecedentes:**

El dengue y el virus del Oeste del Nilo son flavivirus transmitidos por los vectores mosquitos tales como el *Aedes aegypti* y el complejo *Culex*, respectivamente. Estas enfermedades representan un problema a nivel mundial debido a las epidemias que han causado. En el mundo más de 2,000 millones de personas están en riesgo de adquirir el dengue, que está distribuido en 22 estados de la República Mexicana. Asimismo, ya se han presentado varios casos importados al Distrito Federal. En México se han detectado por lo menos 56,000 casos de dengue confirmados y el 25% son casos de dengue hemorrágico con 96 defunciones. En el caso del VON se han detectado principalmente en equinos y aves y en 7 pacientes humanos. Hasta 2003 se detectaron 604 casos probables de VON los cuales no fueron confirmados (SSA). Por otro lado, es probable que existan otros casos que no se hayan detectado por falta de un método de diagnóstico. Sin embargo, en cualquier momento se puede presentar una epidemia tal y como sucedió hace algunos años en Nueva York o recientemente con la influenza en México. El VON es el agente causal de la meningitis y/o encefalitis en humanos, aves y equinos; es transmitida por mosquitos del complejo *Culex* que se encuentra ampliamente distribuido en el Distrito Federal. El DENV, ampliamente distribuido en México, es el causante del DEN clásico y del DEN hemorrágico (DHF) y es transmitido por el mosquito *Aedes aegypti*, el cual se está adaptando a nuevos



ambientes debido al calentamiento global. El mosquito *Ae. aegypti* se había localizado en altitudes de aproximadamente 1400 m; actualmente ya se ha detectado en altitudes de los 1800 m, por lo que se espera que muy pronto llegue a las altitudes del Distrito Federal (2200 m). Así como se tuvo una epidemia por el virus de la influenza podría suceder lo mismo con VON y DEN.

Adicionalmente, estos virus pueden ser contraídos en otros estados o estados aledaños al Distrito Federal, como Morelos y México donde se han detectado casos de DENV (999 y 272 casos, respectivamente, en 2009). En el Distrito Federal se han detectado casos de DENV importados; sin embargo, el número exacto no ha sido reportado. Muchos de estos pacientes, por no recibir el tratamiento adecuado, han perdido la vida.

El VON y DENV son flavivirus de una sola cadena positiva de RNA que ha evolucionado rápidamente, incrementando su variabilidad debido a la ausencia de un mecanismo de reparación, lo que genera aproximadamente una mutación por cada replicación del genoma; esto resulta en el incremento de la adaptación viral, incluyendo el escape de la respuesta del sistema inmune. Los serotipos y genotipos de estos virus se han asociado con la gravedad de los casos. Por lo tanto, es muy importante conocer el serotipo y el genotipo de estos flavivirus en pacientes para determinar el potencial del virus de producir estas enfermedades y por lo tanto, mantener el seguimiento del paciente, para que el médico le de el tratamiento adecuado requerido. La razón por la que se explica actualmente que no se han detectado casos de VON en México se ha relacionado con la adaptación del virus a la población Mexicana y/o a la circulación de DENV. Además, ya se ha detectado una gran prevalencia de seropositividad para anticuerpos IgG contra el VON en la población Mexicana. El diagnóstico mediante anticuerpos específicos para ambos virus se complica ya que estos anticuerpos tienen reacción cruzada con VON y DENV y como sabemos el DENV es endémico en México (Salud Pública México vol.49 no.3 Cuernavaca May/July 2007). Esto puede provocar que el diagnóstico de estas enfermedades no se esté realizando adecuadamente. Por lo tanto una prueba de diagnóstico que diferencie entre los dos virus y que detecte a cada uno de ellos directamente, es indispensable para la diferenciación entre las dos enfermedades y con otras enfermedades febriles similares.

La complejidad de estos virus se incrementa por la presencia de la recombinación que tiene un papel muy importante en la evolución de estos virus, la cual puede potencialmente afectar la virulencia como en otros virus tales como la poliomiелitis donde virus atenuados de vacunas se han activado por recombinación produciendo la enfermedad. Asimismo, se ha observado la presencia de dos serotipos en un mismo paciente.

Basados en todos estos antecedentes es evidente la necesidad de desarrollar un prototipo para el diagnóstico de estos flavivirus (VON y DENV) que nos permita: 1) Determinar la presencia del VON y DENV de manera diferencial por métodos genéticos y de biología molecular; 2) Determinar su serotipo y genotipo; 3) Manejar un gran número de muestras. Esto nos permitiría diferenciar entre el VON y el DENV, así como estos de otras enfermedades febriles con síntomas similares, ya que en muchos casos se les confunde con una gripa común (virus de la influenza). Para el desarrollo de un prototipo adecuado para el diagnóstico de estas enfermedades se debe contemplar el uso de tecnologías de punta, tales como los microarreglos. El desarrollo del prototipo para determinar el serotipo y el genotipo de estos virus se deberá



transferir a los laboratorios clínicos del Distrito Federal para su empleo en el diagnóstico de estos virus. Hasta la fecha no existe ningún prototipo similar para la detección de ambas enfermedades en México. Es muy importante resaltar que esta prueba de diagnóstico podría aplicarse no solo en el Distrito Federal sino que también en todos los estados de la república donde padezcan de estas enfermedades.

Por la complejidad de estas enfermedades y debido a que también existen factores genéticos propios del paciente que lo hagan más o menos susceptibles a esta enfermedad y a los diferentes serotipos y genotipos, se requiere buscar marcadores de susceptibilidad a las enfermedades en la población mexicana del Distrito Federal.

Debido a que ambos virus son flavivirus y a que las tecnologías para el diagnóstico de ambas enfermedades pueden ser muy similares, con el desarrollo de este estudio se tendrá un efecto positivo sobre la economía del diagnóstico porque se utilizarán en grandes escalas.

### **Objetivo General:**

Identificar marcadores genéticos de serotipo y genotipo en flavivirus que permitan desarrollar sistemas prototipos para el diagnóstico eficaz de las enfermedades producidas por flavivirus VON y DENV para que el personal médico de los centros de Salud Pública del Distrito Federal puedan ofrecer los tratamientos adecuados a los pacientes de nuestra ciudad que tengan estas enfermedades. Asimismo determinar los factores genéticos de susceptibilidad a estas enfermedades en la población mexicana del Distrito Federal.

### **Objetivos Específicos:**

- Determinar marcadores genéticos específicos de serotipo y genotipo para VON y DENV.
- Diseñar un prototipo de diagnóstico para la detección de serotipo y genotipo de los flavivirus costeable y preciso que permita diferenciar en VON y DENV y estos de otras enfermedades febriles. Esto permitirá que los pacientes de la Ciudad de México reciban el tratamiento adecuado.
- Transferir el desarrollo del prototipo a los centros de Salud Pública de la Ciudad de México.
- Determinar marcadores genéticos de susceptibilidad a VON y DENV.

### **Productos Esperados:**

- Un prototipo para el diagnóstico de VON y DENV que sea económico, preciso y aplicable a un gran número de pacientes. Este prototipo sería útil para prevenir una epidemia por cualquiera de los dos virus en la Ciudad de México.
- Diseño de un prototipo para detectar los loci de susceptibilidad al dengue de la población mexicana.
- Solicitud de patente/s.



### **Indicadores:**

#### **A corto plazo:**

- Identificación de sondas específicas para detectar los marcadores genéticos específicos para la detección de serotipo y genotipo de VON y DENV para su diagnóstico oportuno en la población de la Ciudad de México.
- Desarrollo de un prototipo para el diagnóstico de VON y DENV para determinar serotipo y genotipo, que permita que los pacientes de la ciudad de México con alguna de estas enfermedades reciba el tratamiento adecuado.
- Diseño de un prototipo para detectar los loci de susceptibilidad al dengue en la población Mexicana.

#### **A largo plazo:**

- Eliminación de epidemias futuras producidas por estos flavivirus en la Ciudad de México.
- Garantizar el tratamiento adecuado a los pacientes del Distrito Federal con Dengue o la encefalitis del Virus del Oeste del Nilo.

#### **Población objetivo: Toda la población de la Ciudad de México.**

Población directamente beneficiada: hombres, mujeres y niños de todas las edades del Distrito Federal y la República Mexicana expuestos a estos virus.

Población indirectamente beneficiada: toda la población que utilice los servicios de salud donde se apliquen estos sistemas de diagnóstico en el país. Esto debido a que al ser atendidos por personal capacitado en los métodos de diagnóstico específicos, obtendrán una atención de calidad, personalizada y adecuada, promoviendo un incremento en los tratamientos dirigidos específicamente contra estas enfermedades, lo que trae como consecuencia la disminución en los costos.

#### **Usuario de la Demanda:**

Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal.  
Enlace: Dra. Cecilia Bañuelos Barrón  
Directora de Investigación en Salud, Biotecnología y  
Medio Ambiente del Instituto de Ciencia y Tecnología  
del Distrito Federal  
República de Chile #6, Col. Centro  
C.P. 06010. Del. Cuauhtémoc, México D.F.  
Teléfonos: +52(55) 55 12 10 12 ext. 202