

Anexo Técnico

COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA DE JALISCO






INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA
COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA

CONVENIO DE COLABORACIÓN ESPECÍFICO

Núm. CEA-IMTA-001/2014

Evaluación en la disponibilidad conforme a la norma
NOM-011-CNA-2000 para el abastecimiento de la ZCG

Julio 1 de 2014



I. ANTECEDENTES

La RH12 Río Santiago inicia en el Lago de Chapala, Jalisco, y termina en la desembocadura al Océano Pacífico en Nayarit, abarca un área de 75,751 km². En esta región se encuentran 123 municipios. Sus principales afluentes son los ríos Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota.

Esta región está comprendida por 33 cuencas hidrológicas: Río San Pedro, Presa Calles, Presa El Niágara, Presa El Cuarenta, Río De Lagos, Presa Ajojucar, Río Grande, Río Encarnación, Río Aguascalientes, Río San Miguel, Río Del Valle, Río Verde 1, Río Verde 2, Río Palomas, Presa El Chique, Río Juchipila 1, Río Juchipila 2, Río Santiago 1, Río Santiago 2, Presa Santa Rosa, Río Santiago 3, Río Tepetongo, Río Tlaltenango, Arroyo Lobatos, Río Bolaños 1, Río Bolaños 2, Río San Juan, Río Atengo, Río Jesús María, Río Huaynamota, Río Santiago 4, Río Santiago 5 y Río Santiago 6.

Por otro lado, la Cuenca del Río Verde reviste esencial importancia por contar con un "Decreto de Reserva de Aguas Superficiales para Uso Público Urbano", publicado el 7 de abril de 1995, y modificado el 17 noviembre de 1997. Lo anterior convierte a dicha cuenca en la fuente potencial de abasto para la Zona Metropolitana de Guadalajara (indistintamente se enunciará área metropolitana de Guadalajara como ZCG o AMG), por lo cual el gobierno del Estado de Jalisco en coordinación con la Federación ha iniciado el proyecto denominado "Presa el Purgatorio" el cual consiste en una presa derivadora, planta de bombeo y un tanque de regulación, con el objeto de cubrir el déficit actual de abastecimiento a la ZCG y disminuir la extracción del Lago de Chapala y los mantos acuíferos de Toluquilla y Atemajac que se encuentran en condición de sobreexplotación. Aunado a lo anterior se tiene en proceso la construcción de la presa Zapotillo, que se ubica entre las cabeceras municipales de Yahualica de González Gallo y Cañadas de Obregón, del estado de Jalisco, de la cual se prevé dotar de agua a la Ciudad de León Guanajuato, diversas localidades de Los Altos de Jalisco y a la Zona Conurbada de Guadalajara.

El cauce del Río Verde fluye en tres estados del occidente de México, nace en el estado de Zacatecas, cruza el de Aguascalientes y recorre una parte del estado de Jalisco hasta su confluencia con el Río Santiago en las inmediaciones de la llamada Barranca de Oblatos la cual delimita a la ciudad de Guadalajara en su parte nororiente, punto donde registra una longitud de más de 200 km. La Cuenca del Río Verde está integrada dentro de la Región Hidrológica No. 12 "Lerma-Santiago" y cuenta con una superficie dentro del Estado de Jalisco de 12,409 km², de los 20,500 km² que abarca en su totalidad, su precipitación promedio es de 733 mm, y la población en el Estado de Jalisco dentro de la cuenca es de 623,654 habitantes (INEGI 2010).

II. INTRODUCCIÓN

Conocer la calidad y cantidad de agua en una zona es prioritario para la toma de decisiones en la distribución del vital líquido, tarea nada fácil cuando la información es escasa o nula. México se compone de 37 regiones hidrológicas que a su vez se dividen en 731 cuencas. La disponibilidad del agua superficial se calcula con base en la ecuación de continuidad, que a su vez requiere de extensas series históricas que son complejas para almacenar, organizar y manejar la información dentro de una estructura lógica y flexible. El sistema de información hidrológica (SIH) es la solución que se propone para almacenar, consultar y actualizar información espacial y numérica en una base de datos referentes al recurso hídrico de un área de interés y sirve como herramienta para proporcionar información a modelos de gestión y análisis hidrológico. El SIH se basa en una plataforma de sistemas de información geográfica.

El componente hidrológico que determina el potencial del escurrimiento generado en la cuenca es el volumen de escurrimiento natural por cuenca propia, tradicionalmente éste se ha obtenido utilizando los dos métodos indicados en la norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000; uno que es el más confiable se denomina "método directo" y está basado en el volumen aforado tanto aguas abajo como aguas arriba. El segundo método, que se denomina "método indirecto", no tan confiable como el anterior, pero el más usado por falta de aforos, se basa en la relación lluvia-escurrimiento específicamente utilizando el coeficiente de escurrimiento y requiere de una mejor precisión para hacer el cálculo de disponibilidad de agua superficial.

En este sentido, resulta relevante para el gobierno del estado de Jalisco la determinación del escurrimiento disponible en la cuenca del Río Verde ya que se tienen en proceso las obras referidas anteriormente y se prevé a fin de lograr el aprovechamiento del agua que se tiene reservada la construcción de más almacenamientos.

Por tal motivo es esencial determinar conforme a la NOM-011-CNA-2000, la disponibilidad de agua superficial en la cuenca del Río Verde, considerando en lo posible el periodo de 1945- 2013, mismo que será fundamental para definir la infraestructura necesaria para lograr el aprovechamiento del total del agua reservada para Jalisco y las reglas de operación para la distribución del agua superficial de esta cuenca.

Por otro lado, la aplicación del modelo de datos ArcHydro constituye una herramienta adecuada porque permite integrar en una base de datos geográfica los datos asociados con el recurso hídrico de una región. El SIH contendrá una base de datos geográfica monousuario así como módulos de consulta y actualización de la información almacenada, y una salida que posibilite la estimación del cálculo de la disponibilidad (con los datos actuales, o bien, con los que se carguen a posteriori). Este sistema se

desarrollará utilizando la plataforma ArcGIS en su versión ArcINFO versión 10.2.

Actualmente no existe un sistema de información hidrológica en la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago con las características descritas anteriormente y el último estudio de la cantidad de agua disponible en esta región data del año 2012, por lo que resulta necesaria la revisión del escurrimiento por cuenca propia (Cp), su actualización, así como la realización de un balance hídrico e implementar una base de datos geográfica utilizando una estructura estándar, donde se organice la información y se obtengan parámetros hidrológicos, como áreas de aportación a ciertos puntos de interés.

III. OBJETIVO

III.1 Objetivo general

Evaluar la disponibilidad de agua superficial de la cuenca del Río Verde conforme a la norma NOM-011-CNA-2000, como base para la definición de la infraestructura necesaria para lograr el aprovechamiento del total del agua reservada para Jalisco y las reglas de operación para la distribución del agua superficial de esta cuenca.

III.2 Objetivos específicos:

- Realizar el balance hídrico de la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, destacando la importancia de la cuenca Río Verde para evaluar y actualizar la disponibilidad de las aguas superficiales, conforme a la norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000 "Conservación del recurso agua" para el periodo contemplado en los apartados de información hidrométrica y climatológica del punto V.1.1 "Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica". Adicionalmente, proponer la optimización de los usos de agua y revisar la disponibilidad del agua superficial con respecto al cambio climático.
- Desarrollar un sistema de información geográfica y de consulta que incluya una base de datos geográfica para almacenar y actualizar datos espaciales y series de tiempo asociados con el recurso hídrico superficial de la de la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, que en el futuro, faciliten la estimación de la disponibilidad.

- Estimar el volumen de agua almacenado con infraestructura menor (como bordos, presones, etc.), localizada al interior de la cuenca del Río Verde mediante el procesamiento de imágenes de satélite de alta resolución tomadas recientemente.

IV. RESULTADOS ESPERADOS

1. Balance hídrico de la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, destacando la importancia de la cuenca Río Verde y evaluación de la disponibilidad de sus aguas superficiales conforme a la norma oficial mexicana NOM-011-CNA-2000 "Conservación del recurso agua".
2. Propuesta de optimización de los usos de agua
3. Proyección a futuro de la disponibilidad de agua superficial con respecto al cambio climático.
4. Sistema de información hidrológica para la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, destacando la importancia de la cuenca Río Verde, que puede ser consultado y actualizado, una base de datos geográfica monousuario con estructura del modelo ArcHydro que posibilite la estimación de la disponibilidad, que podrá operarse en la Plataforma de ArcGIS versión 10.2. A través del sistema de información hidrológica se podrá llevar a cabo el cálculo de una o más variables utilizadas en la estimación de la disponibilidad, edición de capas, consulta y generación de información específica, generación de mapas, entre otros. La presente propuesta **NO INCLUYE LA ADQUISICIÓN DE LICENCIAS DE ARCGIS.**
5. Sistema de Información de consulta (SIC) que contendrá funciones básicas utilizadas en un visualizador geográfico y de un servidor de mapas. El SIC se desarrollará para ser consultado a través de un portal Web y contará con una interface de consulta para la información numérica.
6. Asesoría técnica en la implementación del modelo de datos ArcHydro.
7. Relación de cuerpos de agua clasificados por subcuenca, dimensiones y volumen almacenado y un mapa digital de la cuenca del Río Verde con la distribución de cuerpos de agua escala 1:20,0000
8. Informe final.

V. ACTIVIDADES A REALIZAR

V.1 Balance hídrico. Estimación de la disponibilidad

V.1.1 Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica

La recopilación de la información descrita en el cuadro 1, será una tarea del IMTA con apoyo de la CEA. El IMTA recopilará las series de tiempo del último estudio realizado para esta región y actualizará la información espacial y numérica contenida en los sistemas BANDAS, ERIC III y el Sistema de Información Hidrológica (SIH) de la GASIR (Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos), además de aquella información publicada por el INEGI. Se realizará un inventario de la información recabada, organizándola y almacenándola en DVD. La CEA proporcionará en formato digital la información espacial y temporal de la región de estudio relacionada con los estudios de disponibilidad; además, la información de ubicación de estaciones de medición y de los registros y volúmenes de agua superficial proveniente del REPDA para toda la región.

La proyección a utilizar en la base de datos geográfica es la de Cónica de Lambert con Datum ITRF 1992 definidos por el INEGI para el país, por lo que toda la información espacial utilizará esa proyección.

Información hidrométrica y climatológica

La CEA de Jalisco pondrá a disposición del IMTA toda la información digital de datos hidrométricos y climatológicos de las estaciones, ubicación de estaciones, así como información de interés hidrológico para la ejecución de los trabajos. Adicionalmente, el IMTA actualizará y analizará la información de las estaciones que existan en la Comisión Nacional del Agua.

Se tomará el periodo de tiempo existente en las series de datos hidrométricos y climatológicos y se agregarán los años faltantes al 2013. Si no se cuenta con el cálculo del escurrimiento anual, el IMTA realizará dicho cálculo con la información disponible, utilizando los métodos indirectos y/o de regresión lineal y conforme a lo que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000 en su Apéndice Normativo A. a plena satisfacción de la CEA de Jalisco.

Cuadro 1 Información espacial requerida para la base de datos

TEMA	FUENTE	COMENTARIOS
Series históricas		
Lluvia, evaporación, temperaturas, escurrimientos, almacenamientos, entradas, salidas y curvas de elevación - áreas capacidad de las presas, extracciones y derrames.	CONAGUA, OCLSP, CEA Sistema BANDAS, ERIC III,	
Información de población	INEGI, MGM 2010	
Información cartográfica		
Cuencas hidrológicas	CONAGUA, OCLSP	Se utilizará la última versión de la delimitación de cuencas publicada por CONAGUA en el DOF
Hidrografía	INEGI, escala 1:50,000	
Red hidrográfica conectada y con direcciones de flujo		
Cuerpos de agua	INEGI, escala 1:50,000,	
Edafología*	INEGI, escala 1:250,000	Se integrará la versión más actualizada
Uso de suelo*	INEGI, escala 1:250,000	Se integrará la versión más actualizada
División política estatal, municipal	INEGI, MGM 2010	
Localidades urbanas y rurales	INEGI, MGM 2010	
Ubicación de aprovechamientos de agua superficial	REPDA-CONAGUA, OCLSP	
Ubicación de estaciones climatológicas e hidrométricas	CONAGUA, OCLSP, CEA Sistemas BANDAS, ERIC III	
Ubicación de presas	CONAGUA, OCLSP, CEA Sistema BANDAS	
Modelo digital de elevación	INEGI	
Volúmenes transferidos entre cuencas	CEA de Jalisco	Valor mensual

* La información usada será la publicada por el INEGI, generalmente en escala de 1:250,000, y sólo si existe alguna otra con mejor resolución se utilizará esta última. En la base de datos se incluirán atributos que permitan almacenar información descriptiva de los elementos geográficos almacenados, por ejemplo: presas: capacidades, usos, etc.

V.1.2 Clasificación y análisis del padrón de usuarios

La identificación de los aprovechamientos superficiales se realizará tomando como base el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA), de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), actualizado al 2013.

Con la información del REPGA, se ubicarán los aprovechamientos en cartas topográficas digitales a escala 1:250000. Para aquellos aprovechamientos que por error u omisión estén mal ubicados en el REPGA, se procederá a realizar las correcciones y adecuaciones necesarias, mediante cartas digitalizadas, para su justa ubicación, así también se corregirán aquellos usos que no correspondan a la cuenca.

V.1.3 Integración de series de tiempo

Con la información del cuadro 1, se procederá a la revisión de la información de las variables utilizadas en el cálculo de disponibilidad para integrarlas en series de tiempo.

V.1.4 Cálculo de disponibilidad de aguas superficiales

Se realizará el estudio de disponibilidad para la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, destacando la importancia de la cuenca Río Verde conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, en la que la disponibilidad media anual de agua superficial en una cuenca hidrológica, se determina en el cauce principal, en la descarga de la cuenca hidrológica y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\begin{array}{l} \text{Disponibilidad} \\ \text{media anual de} \\ \text{agua superficial} \\ \text{en la cuenca (D)} \end{array} = \begin{array}{l} \text{Volumen medio} \\ \text{anual de} \\ \text{escurrimiento de la} \\ \text{cuenca hacia aguas} \\ \text{abajo (Ab)} \end{array} - \begin{array}{l} \text{Volumen anual} \\ \text{actual} \\ \text{comprometido} \\ \text{aguas abajo (Rxy)} \end{array}$$

A su vez, el volumen de escurrimiento medio anual de la cuenca (Ab), se determina con la expresión siguiente:

$$\begin{aligned}
 &\text{Volumen medio anual de escurrimiento de la cuenca hacia aguas abajo (Ab)} = \text{Volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (Ar)} + \text{Volumen medio anual de escurrimiento natural (Cp)} + \text{Volumen anual de retornos (R)} \\
 &+ \text{Volumen anual de importaciones (Im)} - \text{Volumen anual de exportaciones (Ex)} - \text{Volumen anual de extracción de agua superficial (Uc)}
 \end{aligned}$$

Aplicando la ecuación para el cálculo de "Ab" en cada cuenca y considerando las conexiones entre las mismas, se estima el volumen medio anual de escurrimiento desde la cuenca aguas arriba (Ar) de las cuencas secuenciales.

El remanente "Ab" de los recursos propios de la cuenca X (Cp y R), además de los recursos que le son aportados por otras cuencas (Ar e Im), una vez satisfechas las demandas (Uc, Ex), representan los escurrimientos hacia agua abajo (Ab) de esta cuenca. Resulta evidente que este escurrimiento se convierte en el término (Ar) de la cuenca Y, y que dependiendo de su propia oferta, parte o toda esa aportación (Rxy) será necesaria para satisfacer sus propias demandas. De esta manera, la disponibilidad no comprometida (D) de la cuenca X estaría dada por:

$$D = Ab - Rxy$$

Es evidente que si Ab es menor que los compromisos aguas abajo Rxy, matemáticamente D sería negativo, pero en términos reales se puede decir que no existe disponibilidad hacia aguas abajo de la cuenca en estudio. Por lo anterior, para establecer nuevos aprovechamientos, depende de la condición de una cuenca D, si ésta es mayor o igual a cero.

Conforme a esto, en todos los tramos o cuencas si D = 0, no es posible realizar aprovechamientos de agua adicional sin afectar los usos ya existentes. Por otro lado si D > 0, es posible establecer nuevos aprovechamientos.

Adicionalmente se recalculará la disponibilidad de agua superficial cambiando únicamente a la variable de precipitación. Estos datos se tomarán del sitio web <http://escenarios.inecc.gob.mx/index2.html> para los escenarios climáticos de futuro cercano 2015 - 2039 y futuro lejano 2075-2099.

La disponibilidad de agua está estrechamente relacionada con el volumen comprometido y éste con la evolución socioeconómica, tanto de la cuenca como de sus alrededores (volumen anual de exportaciones), será importante contar con el "instrumento" que permita hacer el análisis prospectivo de la

tendencia de la demanda, la cual ligada con aspectos económicos, se pueda analizar las alternativas de su distribución, con la finalidad de obtener el máximo beneficio social.

VI. Sistema de información geográfica (SIG)

VI.1 Implementación del SIH

Un sistema de información hidrológica (SIH) es un sistema de cómputo que se compone de una base de datos geográfica sobre el recurso hídrico de un área de interés y de herramientas para consulta, actualización y procesamiento de la información espacial y numérica almacenada en la base de datos.

El SIH se desarrollará dentro de una plataforma de sistemas de información geográfica que es el software ArcGIS, y se compone de una base de datos geográfica monousuario con estructura del modelo de datos ArcHydro en su versión completa, así como de un menú que contiene opciones para consultar los datos almacenados en la misma. El nivel de licenciamiento requerido de ArcGIS es el de ArcINFO junto con la extensión de Spatial Analyst.

El SIH desarrollado para la RH del Río Santiago contendrá un módulo para actualizar la información de series de tiempo que se haya utilizado para el cálculo de la disponibilidad dentro de la base de datos geográfica. También incluirá un módulo de consulta de la información almacenada en la base de datos. La consulta y actualización de la información de series de tiempo se realizará a través de ventanas de diálogo, la cual contendrá opciones para consultarse en forma tabular o gráfica y su exportación a formatos como Microsoft Excel. La información descriptiva de las capas geográficas almacenadas en la base de datos también será desplegada a partir de ventanas de diálogo.

Se contempla que el SIH cuente también con un módulo que permita estimar la disponibilidad de agua, mediante el procesamiento de la información almacenada en la base de datos.

La CEA Jalisco cuenta con una licencia del software ArcGIS versión 10 y se encargará de actualizarla a la versión más reciente en el nivel de licenciamiento ArcINFO y además adquirirá la extensión de Spatial Analyst. Tanto el software como la extensión se requieren para llevar a cabo la implementación de la base de datos geográfica con la estructura del modelo ArcHydro.

Con la finalidad de utilizar las capas almacenadas en la base de datos dentro del sistema de consulta de información se pretende exportarlas a un formato transparente para su lectura a través de plataformas de software de OpenSource enfocadas a la visualización y servidores de mapas. El formato recomendado será el shapefile.

VI.2 Generación de la base de datos actualizada

Se creará una base de datos geográfica monousuario para almacenar la información espacial y numérica recabada para la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago, destacando la importancia de la cuenca Río Verde y relacionada con el recurso hídrico superficial listado en el cuadro 1 de este Anexo Técnico, utilizando la estructura del modelo de datos ArHydro.

La información se adecuará para integrar las tablas que almacenarán la información relacionada con las variables utilizadas para el cálculo de la disponibilidad así como aquellas tablas que almacenarán los resultados. Se agregarán nuevas relaciones y dominios entre toda la información almacenada en la base de datos que se consideren convenientes, lo que permitirá incorporar nuevos temas y nuevas relaciones entre la información al modelo de datos.

Los procedimientos que se aplicarán durante la creación de la base de datos son: creación de redes geométricas, asignación de identificadores únicos a los elementos de la red hidrográfica, cuerpos de agua, puntos de medición, aprovechamientos superficiales, entre otros.

Se realizará la carga de datos a la tabla de series de tiempo "TimeSeries" y a la base de datos con estructura ArcHydro. Se integrarán también las tablas "TsGroup" relacionada con la fuente de donde proviene la información, y la tabla "TsType" donde se indica el nombre de la variable de la que se reporta el dato, y las tablas adicionales para almacenar la información asociada con el cálculo de la disponibilidad.

VI.3 Implementación de un sistema de consulta

Se pretende realizar un sistema de información de consulta (SIC) utilizando plataformas de OpenSource enfocadas al manejo de un visualizador geográfico y de un servidor de mapas. El SIC se desarrollará con la finalidad de que la información geográfica básica y numérica de la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago sea consultada a través de un portal Web. Por ejemplo, la delimitación de sus cuencas, su red hidrográfica, sus cuerpos de agua, estaciones de medición, entre otros temas. El formato utilizado para manejar las capas geográficas será el de shapefile, por lo que las capas almacenadas en la base de datos geográficas serán exportadas a este formato.

El SIC incluirá funciones básicas utilizadas en la visualización de mapas y contará con una interface de consulta para la información numérica. Los resultados de las consultas serán desplegadas en ventanas de diálogo que permitan visualizar en forma gráfica o tabular dichos datos.

El diseño de la interface y del módulo de consulta se definirá de acuerdo con la información por consultar así como con los resultados a mostrar. Una vez definida y aprobadas tanto la interface como la descripción de los módulos de consulta, se elaborarán los programas y las rutinas de cómputo

utilizando los lenguajes de programación apropiados para su implementación en el SIC. Se elaborará una descripción general de los módulos de consulta de la información descriptiva y numérica almacenada en la base de datos.

Se realizarán pruebas de funcionamiento del SIC hasta que su desempeño sea aceptable. Se elaborarán los documentos que describan los elementos que conforman la base de datos geográfica, así como un manual de usuario del SIC que describa su operación.

VI.4 Transferencia de la tecnología

La instalación de la versión final del SIH para la Región Hidrológica No. 12 Río Santiago se realizará en las oficinas de la CEA. El IMTA proporcionará la asesoría técnica en la implementación de la base de datos geográfica y en el uso del SIH al personal que la CEA designe como usuarios del mismo. La CEA se encargará de proporcionar el lugar donde se dará la asesoría técnica y de que el personal asistente cuente con un equipo de cómputo personal con las licencias del software utilizado.

Adicionalmente, se mostraran los principales resultados de este trabajo en foros o congresos nacionales e internacionales en el tema de disponibilidad hídrica, cambio climático, sistemas de información geográfica y percepción remota, entre otros.

VII. Estimación del volumen de agua almacenado mediante imágenes de satélite

Se estimará el volumen de agua almacenada con infraestructura menor (como represas para abrevaderos, presones, etc.) localizada dentro de la cuenca del Río Verde a través de cálculo indirecto. Serán excluidos del presente estudio, los cuerpos de agua mayores tanto naturales como artificiales (debido a que deben contar con elementos técnicos para la cuantificación directa de su volumen).

A partir del procesamiento de imágenes de satélite de alta resolución tomadas recientemente, se obtendrá el inventario de espejos de agua presentes en la cuenca.

Se integrarán grupos de cuerpos de agua cuya superficie quede comprendida por intervalos definidos por la CEA; con base en parámetros físico - geográficos como forma y contexto topográfico. De cada grupo de espejos de agua se seleccionará un número mínimo de cuerpos de agua que estadísticamente sean representativos.

Mediante recorridos de campo se visitará algunos de los cuerpos de agua y se obtendrá el perfil de fondo (profundidad).

Conocida la superficie y la profundidad, mediante técnicas de SIG se obtendrá el volumen de agua almacenada en los cuerpos de agua seleccionados de cada grupo. Mediante un procedimiento de interpolación se asignará el volumen de agua a los cuerpos de agua incluidos en el grupo del que se tomó la muestra y de esa forma se obtendrá el volumen aproximado de cada uno de ellos y el volumen por subcuenca y para el total de la cuenca de aportación del Río Verde. Las principales actividades a desarrollar son las siguientes:

VII.1 Recopilación de información y adquisición de imágenes de satélite

Una vez definida la cuenca, se obtendrá la información documental y cartográfica de apoyo, así como las imágenes de satélite que se utilizarán en el estudio.

VII.2 Procesamiento de imágenes y obtención de Inventario de espejos de agua

En esta etapa se realizarán los procesos tendientes a homologar la información satelital y cartográfica con la proyección definida para el estudio. Así mismo se realizará la interpretación y procesamiento de las imágenes de satélite para obtener el mapa de espejos de agua localizados en la zona de estudio.

VII.3 Recorrido de campo

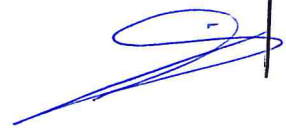
Con base en las características (forma, tamaño, relieve) de los espejos de agua identificados en las imágenes, y a su accesibilidad terrestre, se hará una selección ponderada de un número limitado de ellos, los cuáles serán visitados para estimar de manera indirecta en campo el volumen de agua almacenado.

VII.4 Cálculo del volumen de los cuerpos de agua

Con la información obtenida en campo, en gabinete se hará una clasificación de los cuerpos de agua y se establecerán criterios para la estimación del volumen de cada cuerpo de agua.

VII.5 Generación de mapas temáticos

La información hidrográfica obtenida de las imágenes de satélite, se integrará en mapas con coberturas a nivel de subcuenca y cuenca general; a los que se les adicionará en la base de datos correspondiente el volumen calculado para cada cuerpo de agua.





VIII. INFORME FINAL

El informe final contemplará una descripción detallada de las actividades desarrolladas durante el proyecto, con una breve descripción de las gráficas, tablas, figuras, esquemas, etc., de los avances de trabajo, en el que se describirán y explicarán los procedimientos y logros alcanzados con sus conclusiones y anexos necesarios. Las bases de datos se entregarán en formato digital.

IX. PROGRAMA DE TRABAJO


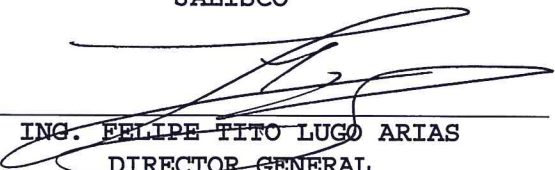
NO.	DESCRIPCIÓN	TIEMPO (mes)					
		1	2	3	4	5	6
1	BALANCE HÍDRICO. ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD						
1.1	Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica	X					
1.2	Clasificación y análisis del padrón de usuarios	X	X				
1.3	Integración de series de tiempo			X	X		
1.4	Cálculo de disponibilidad de aguas superficiales				X	X	
1.5	Revisión de la disponibilidad de agua superficial con respecto al cambio climático					X	X
1.6	Propuesta de la optimización de los usos del agua por sector					X	
2	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA						
2.1	Implementación del SIH			X	X	X	
2.2	Generación de la base de datos actualizada		X	X	X	X	
2.3	Implementación del sistema de consulta			X	X	X	
2.4	Transferencia de la tecnología					X	X
3	ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE						
3.1	Recopilación de información y adquisición de imágenes de satélite	X					
3.2	Procesamiento de imágenes y obtención de Inventario de espejos de agua	X	X				
3.3	Recorrido de campo		X				
3.4	Cálculo del volumen de los cuerpos de agua		X				
3.5	Generación de mapas temáticos		X				
3	INFORME FINAL	X	X	X	X	X	X

X. COSTO DE LAS ACTIVIDADES

NO.	DESCRIPCIÓN	PRECIO (\$)
1	BALANCE HÍDRICO. ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD	
1.1	Recopilación, validación y análisis de información climatológica e hidrológica	\$243,487.00
1.2	Clasificación y análisis del padrón de usuarios	\$245,000.00
1.3	Integración de series de tiempo	\$245,000.00
1.4	Cálculo de disponibilidad de aguas superficiales	\$535,000.00
1.5	Revisión de la disponibilidad de agua superficial con respecto al cambio climático	\$70,000.00
1.6	Propuesta de la optimización de los usos del agua por sector	\$50,000.00
2	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	
2.1	Implementación del SIH	\$409,500.00
2.2	Generación de la base de datos actualizada	\$357,114.00
2.3	Implementación del sistema de consulta	\$292,184.09
2.4	Transferencia de la tecnología	\$162,274.29
3	ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ALMACENADO MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE	
3.1	Recopilación de información y adquisición de imágenes de satélite	\$50,000.00
3.2	Procesamiento de imágenes y obtención de Inventario de espejos de agua	\$80,000.00
3.3	Recorrido de campo	\$70,000.00
3.4	Cálculo del volumen de los cuerpos de agua	\$50,000.00
3.5	Generación de mapas temáticos	\$50,000.00
4	INFORME FINAL	\$107,682.00
	Subtotal de la propuesta completa	\$3,017,241.38
	I. V. A.	\$482,758.62
	Total	\$3,500,000.00

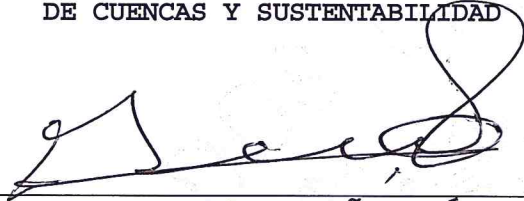


POR LA COMISIÓN ESTATAL DEL AGUA DE
JALISCO

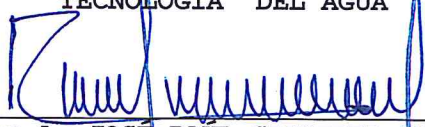
ING. FELIPE TITO LUGO ARIAS
DIRECTOR GENERAL

EL DIRECTOR
DE CUENCAS Y SUSTENTABILIDAD



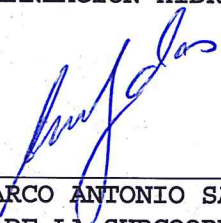
ING. ARMANDO B. MUÑOZ JUÁREZ
ENCARGADO DEL DESPACHO DE LA
DIRECCIÓN DE CUENCAS Y
SUSTENTABILIDAD

POR EL INSTITUTO MEXICANO DE
TECNOLOGÍA DEL AGUA



M. en A. JOSÉ RAÚL SAAVEDRA HORITA
COORDINADOR DE HIDROLOGÍA

EL ENCARGADO DE LA SUBCOORDINACIÓN DE
PLANEACIÓN HÍDRICA



M. en I. MARCO ANTONIO SALAS SALINAS
ENCARGADO DE LA SUBCOORDINACIÓN DE
PLANEACIÓN HÍDRICA

Guadalajara, Jalisco, 1 de julio de 2014.