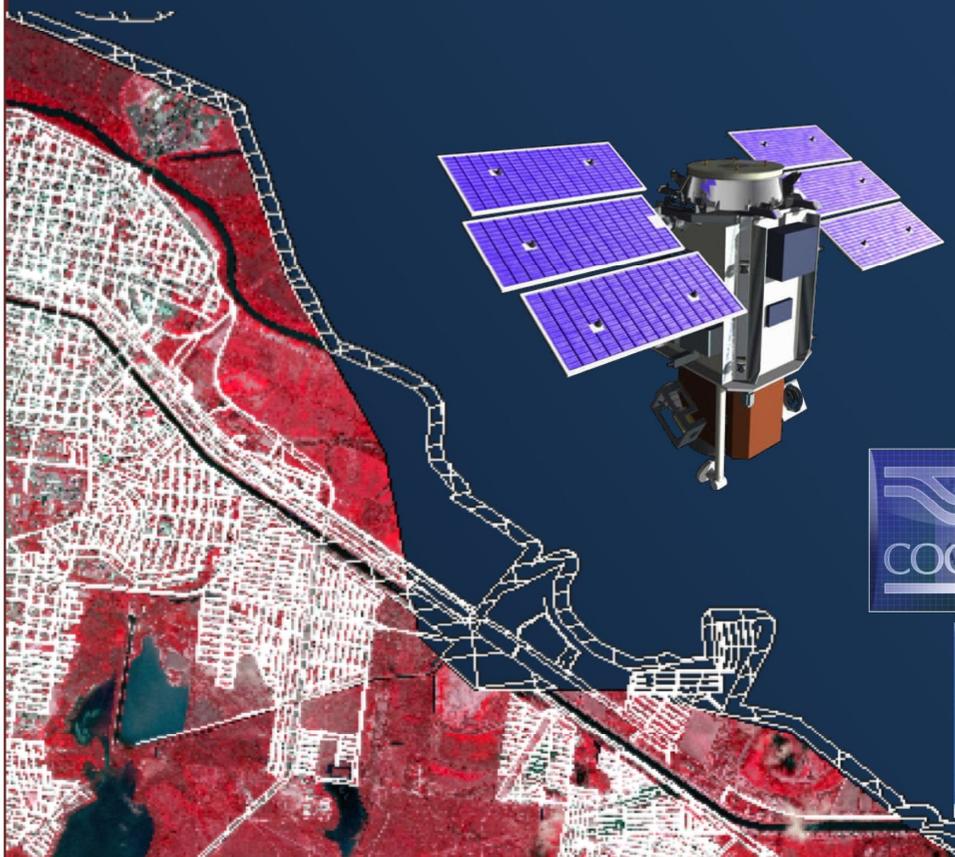


Diagnósticos de Necesidades de Pavimentación por Imágenes Satelitales para Cananea, Sonora.

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)
Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (SIDUR), Gob. Edo. de Sonora



SEPROCITEC: Servicios Profesionales Científicos y Técnicos;
Imágenes satelitales, Sistemas de Información Geográfica: Análisis, Capacitación y Asesoría. www.seprocitec.com.mx

Enero 2011

Diagnósticos de Necesidades de Pavimentación por Imágenes Satelitales para Cananea, Sonora.

Autores: María Elena Giner

José Mario Sánchez Soledad

Luis Ernesto Cervera Gómez

Mario Vázquez Valles

Tomás Balarezo Vásquez

Armando Herrerías Velasco

Hugo Luis Rojas Villalobos

ISBN: 978-607-8021-32-1



© BECC-COCEF

1ª. edición, 2011

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza

Border Environment Cooperation Commission

Blvd. Tomás Fernández núm. 8069

Ciudad Juárez, Chihuahua, 32470

Tel. (52-656) 688-4600

Impreso en México - Printed in Mexico

Impreso en papel reciclado 24 libras

Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza

Diagnósticos de necesidades de pavimentación por imágenes satelitales para Cananea, Sonora /
María Elena Giner, José Mario Sánchez Soledad, Luis Ernesto Cervera Gómez, Mario Vázquez
Valles, Tomás Balarezo Vásquez, Armando Herrerías Velasco, Hugo Luis Rojas Villalobos.- 1ª.
ed. Ciudad Juárez, Chih.: Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza, 2011.
45 p.; 27 cm.

Incluye bibliografía

ISBN: 978-607-8021-32-1



En este proyecto y con el uso de tecnología satelital y la incorporación de Sistemas de Información Geográfica se propone realizar un inventario del estado actual de pavimentación en las calles de la ciudad de Cananea. Dicho inventario de calles con su estatus de pavimentación contará con sub-unidades espaciales conocidas como Áreas Geo estadísticas Básicas así como por Colonias.

1. Pavimentación – Cananea, Sonora - Diagnósticos
2. Pavimentación – Cananea, Sonora - Inversiones
3. Pavimentación – Cananea, Sonora – Planificación

HT169.C35 S6520 2011

Contenido

	<i>Pag.</i>
Introducción	5
Principales hallazgos del Diagnóstico	7
Objetivos	8
Cananea, Sonora	9
Antecedentes sobre pavimentación	12
Impactos	13
Metodología	15
Resumen de Resultados	21
Resultados: Costos y Estadísticas	22
Tablas de resultados por Colonia	24
Estadísticas por AGEB	28
Costos de pavimentación por Colonia	31
Conclusiones y consideraciones finales	36
Referencias Bibliográficas	38
Anexo Mapas Pavimentación	40

INTRODUCCIÓN

El presente “Diagnóstico de Necesidades de Pavimentación por Imágenes Satelitales para la ciudad de **“Cananea, Sonora”**”; forma parte del Programa Estatal de Diagnósticos Satelitales para Necesidades de Pavimentación del estado de Sonora; que es producto de la coordinación interinstitucional entre la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y el Gobierno del Estado de Sonora para conocer las necesidades de pavimentación y establecer estrategias con un alto nivel de precisión, utilizando herramientas tecnológicas de última generación como lo son las imágenes satelitales. Este programa incluye las ciudades que espacialmente se ubican dentro del territorio y ámbito de acción binacional de la COCEF, mismo que para el caso de México cubre hasta 300 kilómetros al sur de la línea divisoria con los Estados Unidos. Este “Programa Estatal de Diagnósticos Satelitales para Necesidades de Pavimentación” del estado de Sonora incluye 12 ciudades inicialmente, que son: Hermosillo; Nogales; Agua Prieta; Cananea; San Luis Río Colorado; Sonoyta; Magdalena; Puerto Peñasco; Caborca; Santa Ana; Nacozari de García e Imuris.

El programa fue financiado a partes iguales por la COCEF y el Gobierno del estado de Sonora; este esquema permitió la programación exclusiva de la toma de imágenes satelitales con fecha muy reciente, algunas de ellas incluso del año 2011, lográndose así, un análisis actual e innovador en la ejecución de este programa. Los países de México y los Estados Unidos de Norte América comparten una frontera común que se extiende por 3,100 kilómetros. A lo largo de ésta se asientan un número importante de ciudades que tienen una contraparte urbana o rural; quedando estas mismas separadas políticamente por la línea divisoria. Ambos países históricamente mantienen relaciones comerciales, ambientales, acuerdos internacionales (v.gr. tratados de límites y aguas, etc.), manifestándose en la mayoría de los casos una interdependencia económica. Coexisten, así tenemos el caso de la ciudad de Tijuana/San Diego en la parte oeste de la frontera hasta el caso de las ciudades de Matamoros/Brownsville al este (ver Figura 1).

En la frontera Sonora-Arizona, Destacan por su tamaño poblacional y su condición de ciudades geográficamente ligadas a ciudades estadounidenses, las ciudades de Nogales y Agua Prieta, Sonora. En el Estado de Chihuahua se ubican dos fronteras importantes, ciudad Juárez/ El Paso, Texas y Ojinaga/Presidio, Texas.

Al norte del estado de sonora encontramos una frontera con un atractivo que destaca por su actividad comercial y el sector de servicios que ocupa el primer lugar en economía del municipio y segundo lugar la actividad industrial. La pesca y el turismo son las actividades sobre las que se sustenta el desarrollo integral del Municipio.

De tal suerte que la ciudad de Cananea, Sonora queda dentro de los objetivos y lineamientos de proyectos relacionados al mejoramiento de indicadores ambientales y sociales con certificación de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF) y financiamiento por el Banco de Desarrollo de América del Norte (NadBank).

Uno de los problemas ambientales más importantes y sobre todo de las ciudades mexicanas tiene que ver con un rezago en calles pavimentadas, teniendo un impacto en la salud y en el ambiente en un contexto binacional. Por el lado americano existen problemas de pavimentación, pero no tanto de cobertura, sino de mantenimiento, edad del mismo, calidad, etc.

En este proyecto y con el uso de tecnología satelital y la incorporación de Sistemas de Información Geográfica se propone realizar un inventario del estado actual de pavimentación en las calles de la ciudad de Cananea. Dicho inventario de calles con su estatus de pavimentación contará con sub-unidades espaciales conocidas como Áreas Geo estadísticas Básicas así como por Colonias. Para lograrlo, se utilizará una imagen satelital del sensor de alta resolución espacial (50 cm./pixel) conocido como World View 2 en combinación de un algoritmo de Sistemas de Información Geográfica, mismo que

fue desarrollado originalmente para la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, también ya aplicado en Matamoros, Nuevo Laredo, Ciudad Victoria y Hermosillo, Sonora.

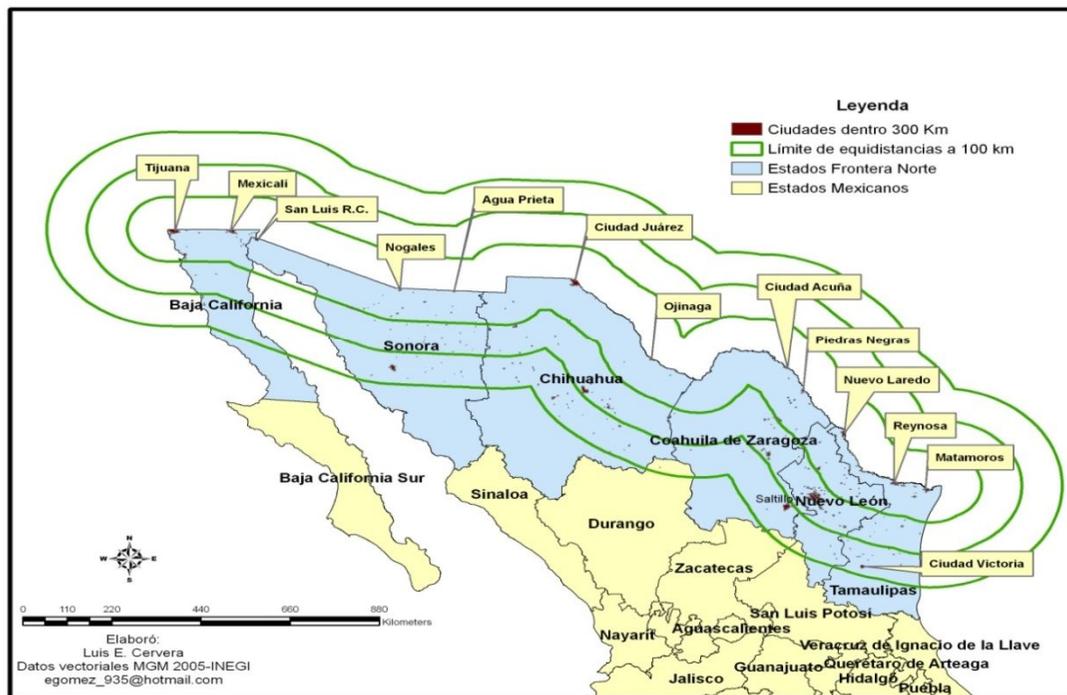


Figura 1. Frontera México Estados Unidos, Ciudades Fronterizas

PRINCIPALES HALLAZGOS DEL DIAGNOSTICO

Los resultados principales indican que Cananea, Sonora cuenta con una superficie total de calles estimada en **2, 262,801.36** metros cuadrados, de las cuales un total de **1,031,549.87** tienen algún tipo de carpeta ya sea asfáltica o de concreto hidráulico. Se calculó que un **46%** de las calles están pavimentadas. Debido al análisis que se presenta en lo extenso del reporte, se estima que para el **54%** restante, se indica que no presenta ningún tipo de cobertura de pavimentación, dando como resultado una inversión de **456** millones de pesos en el caso de la opción de pavimentación de asfalto y de **703** millones de pesos utilizando cobertura de concreto hidráulico.

Las calles sin pavimentar totalizan una superficie de **1, 231,251.49** metros cuadrados, representando ésta cifra un 54% de la superficie total de calles. Considerando la

población del censo del INEGI 2010 especifica un total de 32,937 habitantes, con estas cifras se puede estimar un indicador de 31.31 m² de superficie pavimentada por habitante.

OBJETIVOS

Objetivo principal:

Estimar las superficies totales de calles sin pavimentar y pavimentadas en la ciudad de Cananea, Sonora; con los resultados identificar las necesidades de pavimentación en metros cuadrados y que monto de inversión en pesos representa su costo. Para lograr el objetivo se utiliza una imagen satelital de alta resolución espacial, relacionando los resultados tanto, con la población beneficiada como con los costos asociados de pavimentación con asfalto ó concreto hidráulico.

Los objetivos específicos son:

- Aplicar un algoritmo que estime indicador urbano de superficies pavimentadas y sin pavimentar en un período corto de tiempo y sin supervisión de campo. Esto último se suple con una precisa supervisión sobre la imagen satelital.
- Los polígonos base para extraer superficies, resultados y estadísticas de la clasificación son: el “Área Geo-estadística Básica...AGEB” y las Colonias. El primero para establecer relaciones con variables censales y el segundo para el manejo de estadísticas de superficies y costos.
- Relacionar resultados finales de superficies sin pavimentar con costos de pavimentación de: Asfalto y Concreto Hidráulico.
- Generar cartografía digital en ambiente de Sistemas de Información Geográfica que se convierta en una herramienta de ayuda tanto para la actualización de los inventarios de calles como para los programas de pavimentación en la ciudad de Cananea, Sonora.

- Proveer una metodología replicable que permita estimaciones de superficies no pavimentadas en otras ciudades.

Cananea, Sonora

Cananea Municipio número 019 del Estado de Sonora, se encuentra localizado en la zona norte del estado mexicano de Sonora, colinda al norte con Estados Unidos de América, al noroeste con el municipio de Naco, al sur con Arizpe, al suroeste con Bacoachi y al oeste con Imuris y Santa Cruz. (Ver Figura 2).

Por sus coordenadas geográficas se localiza en el paralelo 30° 59' de latitud norte y longitud 110° 18'. Se encuentra a una elevación 1,600 metros sobre el nivel del mar.

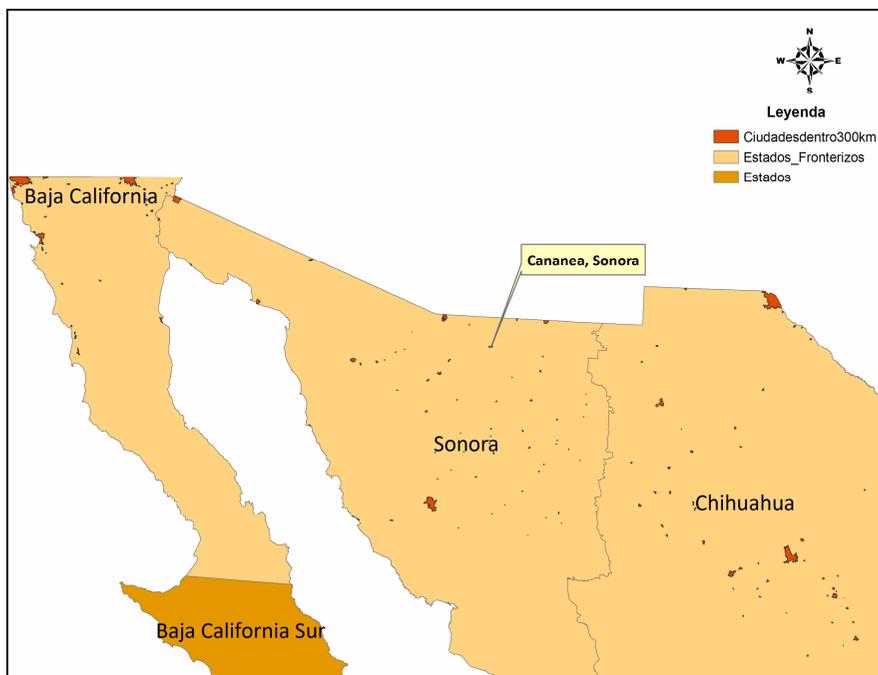


Figura 2. Localización de Cananea, Sonora.

Demografía, equipamiento y servicios

De acuerdo con el último conteo de Población y Vivienda (2010), la Ciudad de Cananea, Sonora contaba con una población de 32,937 habitantes. En la proyección de población hecha por CONAPO se deduce que al año 2011 la población aproximada sería estimada en 31,674 habitantes. La misma proyección indica una disminución de población aproximado a 27,140 habitantes al año 2030. La población real al año 2010 reside en un total 32,937 con 9,032 viviendas habitadas; con una densidad de 3.56 habitantes por vivienda (Censo Población y Vivienda 2010).

En materia de infraestructura urbana y equipamiento de servicios en las viviendas, del SINCE 2005 se tiene que en la ciudad de Cananea, Sonora un 95% de las viviendas habitadas no disponen de agua entubada en la red pública, estas viviendas se encuentran principalmente ubicadas al sur, siendo críticos los AGEBS 10632, 10647, 10666, 10350, 10558 y 10562 entre otros. Se estima además que un .20% de las viviendas habitadas no disponen de drenaje. Son los AGEB's 10632, 10647, 10666, 10350, 10562, 10384, 10628 y 10609 entre otros.

Otras cifras indican que el 95% de las viviendas disponen de energía eléctrica. En general el 94% de las viviendas habitadas disponen de agua entubada a la red pública, drenaje y energía eléctrica. En términos del espacio urbano, la cobertura de servicios es regular.

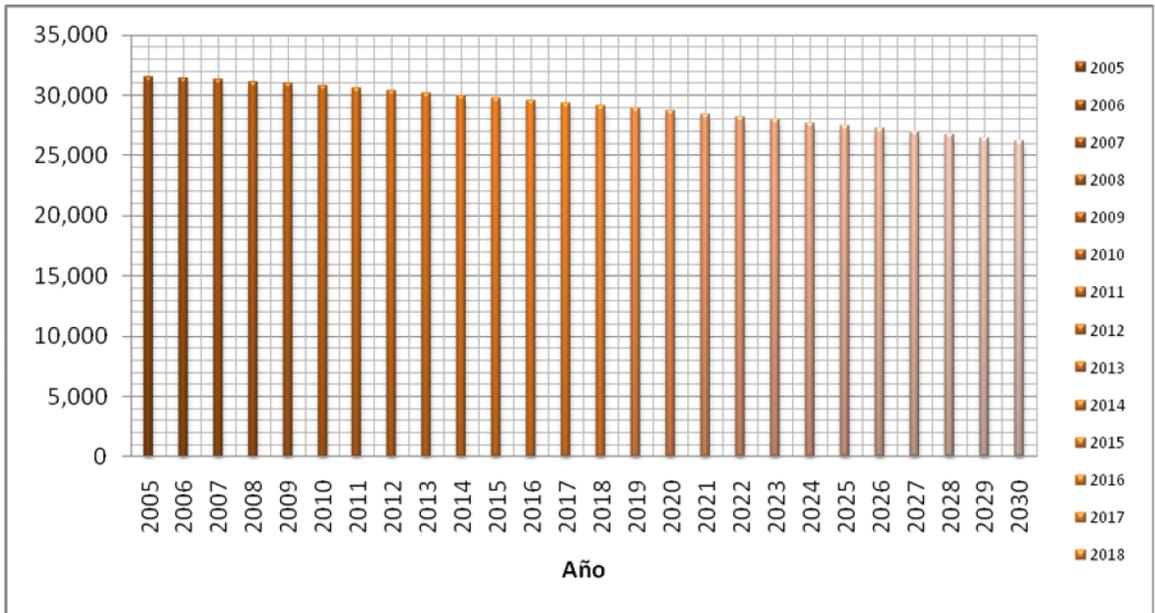


Figura 3. Proyección de población para la Ciudad de Cananea, Sonora

Fuente: Consejo Nacional de Población (CONAPO)

Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (enero 2011)

Conformación urbana: Colonias y AGEB's

La ciudad de Cananea, Sonora se encuentra conformada por 32 polígonos diseñados para levantamiento censal y son conocidos como Áreas Geo estadísticas Básicas (AGEB's). Sin embargo, la cartografía de AGEB's fue creada entre el 2004 y 2005.

Existe un desfase temporal importante en la conformación de los polígonos de Colonias. El archivo de colonias reportada por el INEGI se ha quedado rezagado en cuanto al gran crecimiento o expansión de la mancha urbana. De tal manera que la cartografía del año 2005 reporta un total de 51 colonias con nomenclatura.

En este proyecto se tuvo la necesidad de crear nuevos polígonos de crecimiento urbano para las estimaciones de superficies pavimentadas y sin pavimentar, así como sus costos. En total se poligonizaron 4 nuevos asentamientos urbanos; estos quedaron

distribuidos de la siguiente manera:

- Nuevos Desarrollo Este
- Nuevos Desarrollo Sur
- Nuevo Desarrollo Norte
- Nuevos Desarrollo Oeste

Para la creación de estos polígonos de crecimiento solo se utilizó como criterio la poligonización de los límites del nuevo asentamiento, esto es, no necesariamente corresponden a límites de colonias oficiales.

ANTECEDENTES SOBRE PAVIMENTACIÓN

La aplicación de técnicas de percepción remota y el uso de imágenes satelitales de alta resolución espacial permiten la extracción de información sobre las manchas urbanas sin estar en contacto directo con ella; esto es, sin requerir levantamiento de información con brigadas de personal en campo. Con estas técnicas se contribuye a la creación de indicadores de pavimentación útiles para las autoridades municipales e instituciones financiadoras ya que permiten en corto tiempo actualizar inventarios de calles y estimar costos con una buena aproximación.

Para el caso específico de pavimentación, está más que probado que las técnicas de Percepción Remota (PR) tienen el potencial de proveer información detallada de caminos y redes de calles y puede ofrecer una forma más económica y rápida para mejorar las prácticas comunes para la observación y el inventario de la red de transporte (Jensen and Cowen 1999, Usher 2000).

La cartografía digital generada y debido a que está geo-referenciada, se liga fácilmente a variables censales e indicadores socioeconómicos y ambientales. De tal suerte que facilita la extracción de información y la construcción de indicadores de calidad de vida y de desarrollo.

IMPACTOS

La pavimentación se relaciona con indicadores de **salud**, directamente aquellos relacionados con calidad del aire. Los suelos sin pavimento contribuyen de forma significativa con la emisión de partículas de polvo a la atmósfera inmediata, quedando expuesta la población a riesgos eminentes de enfermedades respiratorias entre otras.

Uno de los indicadores ambientales o de contaminantes aéreos más importantes es el PM_{10} . Este se refiere a las partículas de polvo suspendidas con un diámetro menor a los $10\ \mu m$ (PM_{10}). Las concentraciones de PM_{10} en la atmósfera inmediata a las ciudades está al parecer altamente relacionada con el tránsito de una fuerte carga vehicular sobre una gran superficie de calles pavimentadas.

En ciudades fronterizas como Mexicali, B.C. existen reportes indicando que hasta un 63 % de la contaminación del aire por PM_{10} en la ciudad y lo cual equivale a 53,689 toneladas por año es debida al levantamiento de polvo por el tránsito de vehículos en caminos que no cuentan con pavimentos. Este indicador para Mexicali se relacionaba a una superficie no pavimentada del 38 %. Para el caso de la ciudad de Tijuana un inventario de emisiones de la calidad del aire (2000-2005) reportó que se generan 23,563 toneladas anuales de PM_{10} , de las cuales el 76 % (17,860 toneladas anuales) son producto del tránsito vehicular sobre calles sin pavimentar. En ese mismo tiempo se reportaba que en la ciudad de Tijuana un 40% de las vialidades no contaban con algún revestimiento (COCEF, 2003).

Ciudad Juárez es otro de los casos de ciudades fronterizas con una gran extensión en la conformación de su mancha urbana y con déficits muy serios en materia de pavimentación; estos del orden del 50 % reportado en el último lustro y nuevas estadísticas del Instituto Municipal de Investigación y Planeación (IMIP) reportan un 40% sin pavimentar. Sumado a esto, Ciudad Juárez tiene una carga vehicular muy alta,

del orden de más de 366, 739 vehículos. Hernández et al (2000), reportan que se han presentado niveles de contaminación de hasta $378 \mu\text{m}/\text{m}^3$ de PM_{10} . Del mismo estudio de salud realizado en Ciudad Juárez encontraron asociaciones positivas entre las concentraciones de PM_{10} y el número de consultas por asma y enfermedades respiratorias.

Los caminos no pavimentados normalmente propician tiempos de traslado más elevados para la ciudadanía. Afectando el desplazamiento diario hacia centros escolares, zonas comerciales, parques industriales, parques, etc. Estas condiciones se exacerban durante época de lluvias, que además de elevar los tiempos de traslado o impedirlos se convierten en aportadores directos de material de arrastre. Sin duda un problema importante lo constituye la inexistencia de banquetas y de guarniciones, mismas que tienen una función muy importante para la seguridad del peatón y la seguridad de las viviendas.

Durante la Administración Municipal 2009-2012 se han realizado varias obras públicas por parte del H. Ayuntamiento de Cananea, entre las cuales destacan por su concepto al que hace referencia este reporte; pavimentación.

He aquí un resumen de la pavimentación de concreto hidráulico en algunas calles de la ciudad:

- Calle Porfirio Flores del Ejido Cananea Vieja con una superficie de 6,319 m² y un costo de \$2,378,240.00 pesos
- Calle 5ta Este y Callejón Madero con una superficie de 1,814 m² y un costo de \$862,315.00 pesos.
- Calle 9na Este y Av. Obregón con una superficie de 514 m² y un costo de \$225,377.00 pesos.
- Calle 8va y Cabildos Colonia Ayuntamiento con una superficie de 1,144 m² y un costo de \$455,322.00 pesos.
- Calle Acceso a mesa de Garibay y Lado Sur con una superficie de 765 m² y un costo de \$319,289.00

- Calle Acceso a mesa de Garibay y Lado Oeste con una superficie de 1,756 m² y un costo de \$716,813.00

METODOLOGÍA

Para la estimación de los indicadores de pavimentación que involucran superficie y longitud de calles, así como costos se requiere de la adquisición de imágenes con las características de alta resolución espacial y espectral, ésta metodología se aplicó con éxito en cuatro ciudades de Tamaulipas y utilizando imágenes del sensor satélite Quick Byrd. Estos datos nos brindan un tamaño de pixel de .61 metros; resolución espacial ya probada para el análisis de calles pavimentadas.

Para el caso de Cananea y gracias a los rápidos avances tecnológicos se tuvo la ventaja de un incremento en la resolución espacial con el satélite recién lanzado el 2009, se trata del **World View 2 (WV2)**. La resolución se incrementó a 50 centímetros por pixel. Con este tamaño de píxel se posibilita la aplicación de un algoritmo que puede operar de manera semi-automatizada. Los resultados se pueden supervisar con la misma imagen original en su versión Pancromática que permite de manera visual diferenciar superficies que tienen pavimento de aquellas que no. Considerando una calle terciaria promedio de 12 metros de largo por 100 de ancho, o bien 1,200 m², con la Imagen WV2 se tienen un total de 24 pixeles de ancho por 200 pixeles de largo, esto es, un total de 4,800 pixeles por calle. El resultado, un valor muy aproximado en la superficie estimada contra la real.

Las estimaciones se realizaron por polígonos de Colonias y por polígonos de Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB's). La imagen inicial requirió un proceso de rectificación así como la estandarización de la proyección geográfica y los sistemas coordenados utilizados por el INEGI en la generación de su cartografía digital, estos son: Proyección Geográfica UTM, WGS 1984, Zona 12 Norte.

Un paso importante consiste en crear máscaras que permitan quedarnos con solo la parte de la imagen correspondiente a calles. Este paso es posible después de ajustar espacialmente el archivo vectorial de manzanas con la imagen satelital. Una vez ajustadas se produce un archivo binario (dos valores) donde lo que está dentro de manzanas adquiere el valor de “cero”, quedando con valor de “uno” correspondiente a calles. Por último, se multiplica el archivo binario por la imagen, dando como resultado una imagen de calles para la ciudad.

El procedimiento anterior elimina drásticamente el ruido que se genera al clasificar mediante procesos de clasificación supervisada a la imagen completa. Dado que evita confundir los valores de píxeles al interior de las manzanas con los píxeles de calles. La aplicación de clasificación y post-clasificación a la imagen de calles, produjo como resultado clases muy entendibles y que en primera instancia correspondieron a Pavimentación, Sin Pavimentación, Vegetación y Otros. El ambiente o sistema raster a utilizar se conoce como ENVI en su versión 4.5, software muy avanzado para efectos de clasificación espectral y generación de mapas temáticos. La figura 6 resume el algoritmo para pavimentación.

Satélite/sensor: World View 2

El satélite denominado World View 2 (WV-2) y que fue lanzado el 8 de octubre del año 2009 se considera como el satélite comercial (multiespectral) de la más alta resolución espacial. Opera a una altitud de 770 kilómetros. Las imágenes pancromáticas tiene una resolución de 46 centímetros y 1.84 cm de resolución multiespectral. Sin embargo, para uso comercial fuera del gobierno de los estados unidos, la resolución es re-muestreada a 50 cm. El sistema World View ofrece una alta precisión, agilidad, capacidad y diversidad espectral. Es comercializada por DIGITAL GLOBE.



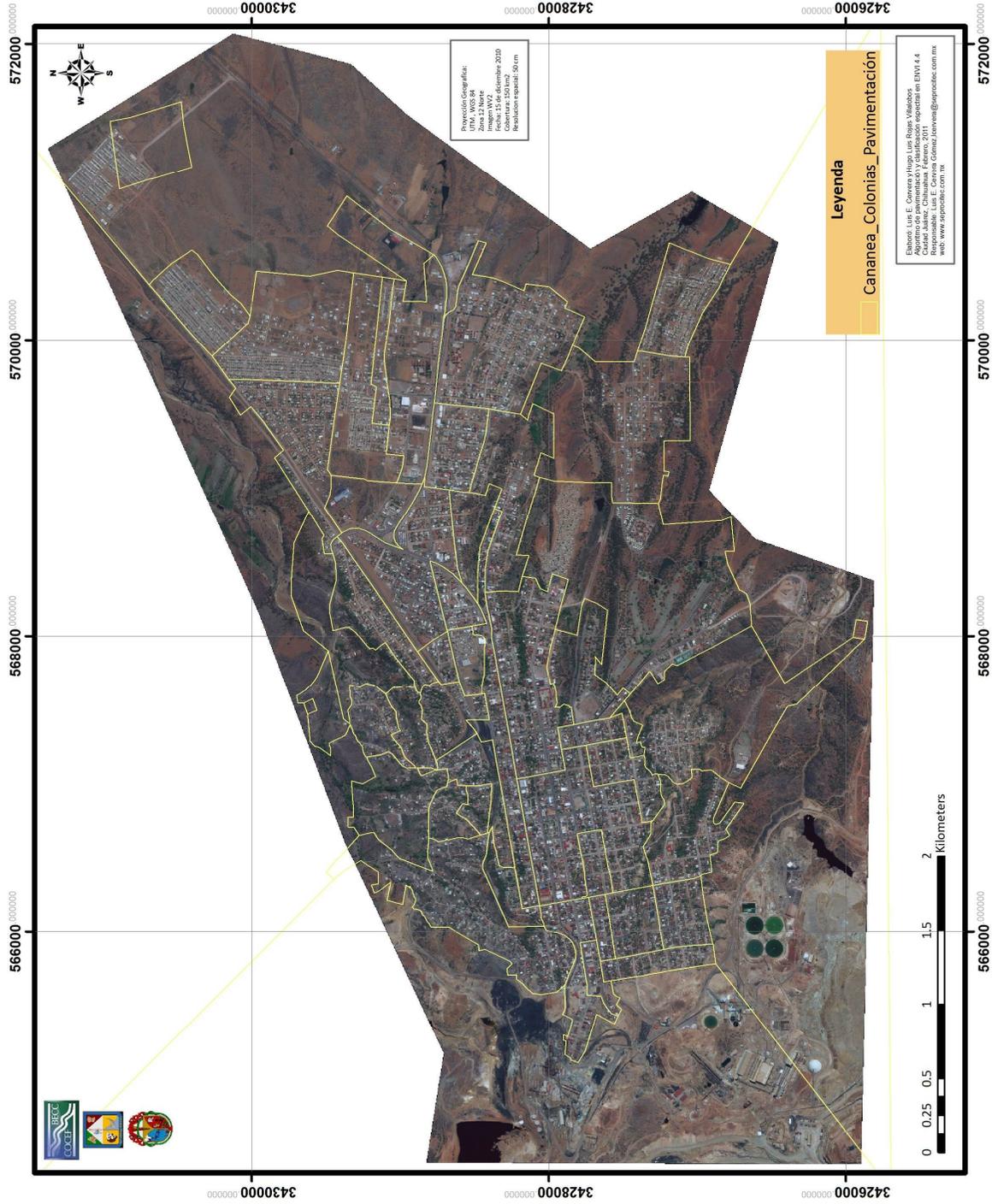
Figura 4. Satélite World View 2

Tomada de: <http://digitalglobe.com>

La imagen trabajada en este proyecto fue programada a solicitud de la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza por la empresa Digital Globe para registrar la ciudad de de Cananea, Sonora el 15 de diciembre de 2010. Está conformada por un mosaico de tres escenas cubriendo una superficie total de 150 kilómetros cuadrados (ver Figura 5). El algoritmo general de trabajo se expresa de forma sintetizada en el Figura 6.

La Figura 7, es obtenida de la imagen anteriormente mostrada y nos exhibe un mosaico de la diversidad de condiciones en las calles de Cananea, vigentes al mes de diciembre 2010. Se muestra la información por pares de imágenes que conforman la imagen cruda contra la imagen procesada. La metodología propuesta en este trabajo da como resultado la clasificación de calles igual a las mostradas en la Figura 7. Una vez que el usuario cuente con toda la información digital y los sistemas apropiados, se cuenta con un proceso de supervisión práctico de los resultados y en su caso su edición y corrección. El proyecto de Arc GIS, puede ser consultado en conjunto con la imagen y los resultados de clasificación satelital. Es posible detectar como la alta resolución espacial de la imagen (4,800 pixeles por calle) ayudó a conformar la calle.

Figura 5. Cobertura de imagen World View de Cananea, Sonora. 15 de Diciembre 2010.



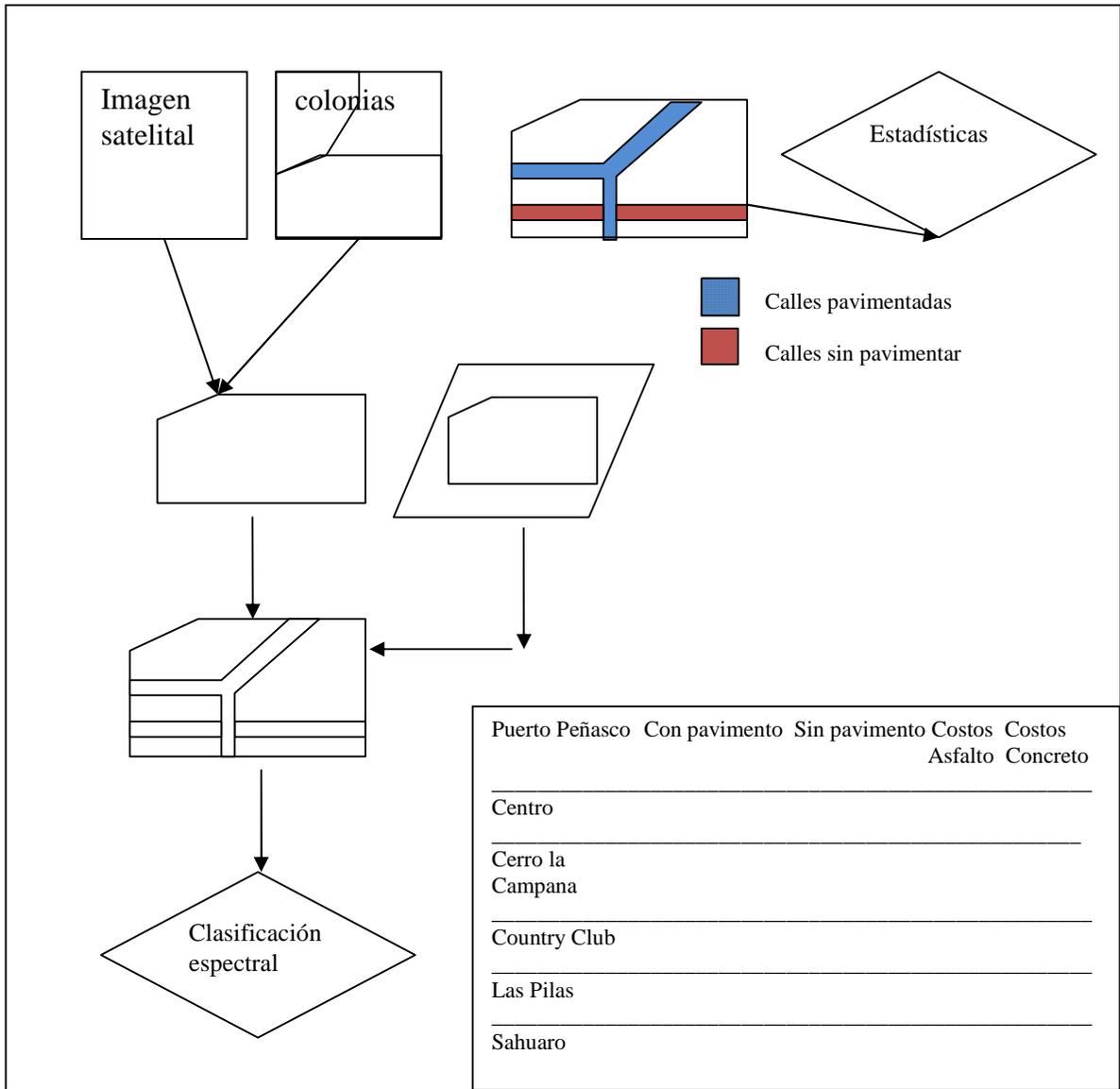
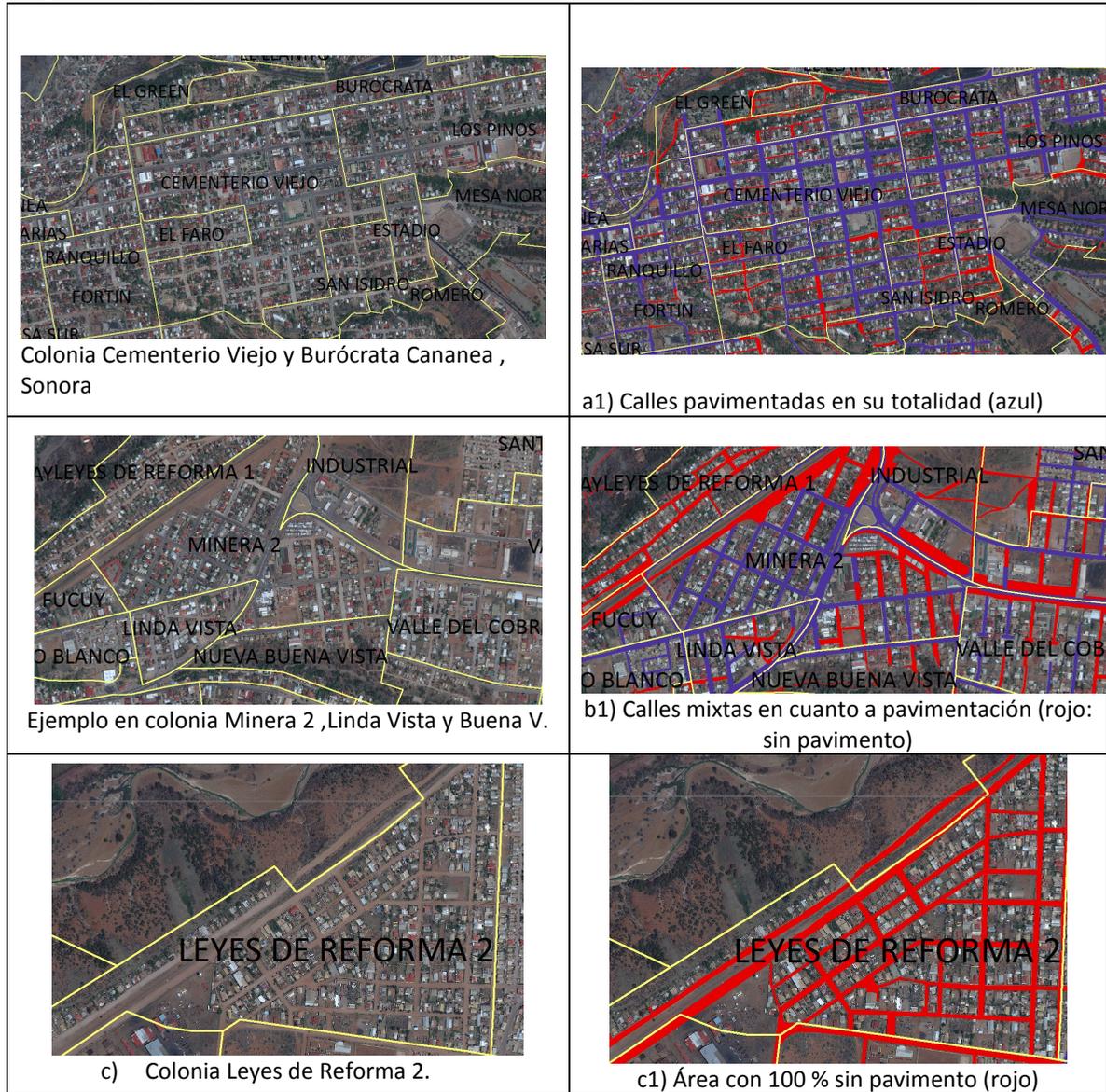


Figure 6. Algoritmo propuesto para clasificación de pavimentación

Figura 7. Ejemplos de la diversidad del estatus de pavimentación en Cananea, Sonora.



RESUMEN DE RESULTADOS

El actual diagnóstico de pavimentación de la Ciudad de Cananea, Sonora realizado en este proyecto, puede ser considerado de vanguardia en el uso de la tecnología de percepción remota y de técnicas de análisis espacial aplicadas a una problemática específica urbana. La posibilidad de contar con una imagen satelital de alta resolución espacial (50 cm/píxel) programada para una fecha reciente (15 de diciembre de 2010) hizo posible realizar un inventario de calles muy reciente y estimarlo en un corto plazo de tiempo (un mes). La resolución del píxel de 50 centímetros permite una conformación de las calles con muy alta aproximación a sus medidas reales. De tal manera que en una calle promedio de 12 metros de ancho por 100 metros de largo se tienen un total de 24 píxeles de información por 200 píxeles de largo. Esto es 4,800 píxeles por calle. Esta situación nos conduce a precisiones mayores al 95 por ciento.

El presente diagnóstico indica que la Ciudad de Cananea, Sonora cuenta con una superficie total de calles estimada en **2, 262,801.36** metros cuadrados; de los cuales un **54%** no cuenta con ningún tipo de pavimento en su superficie. Un **46%** cuenta con algún tipo de revestimiento (cuadro 1). Los resultados se presentan en tablas estadísticas relacionadas a un total de 85 Áreas Geo-estadísticas Básicas y a un total de 51 polígonos de colonias.

Cuadro 1. Estadísticas de superficie en calles y su cobertura en Cananea, Sonora (Enero, 2011)

Condición	Superficie en m ²	Porcentaje de cobertura
Sin pavimentar	1,231,251.49	54%
Pavimentadas	1,031,549.87	46%
Total	2,262,801.36	100%

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (enero 2011)

La superficie de calles sin pavimentar que quedan dentro de polígonos de colonias establecidas es de un total de **1, 005,362.36** m², adicionalmente existen un total de **225,889.28** m² de calles sin pavimentar fuera de estos límites, o bien consideradas en este análisis como asentamientos nuevos (4 en total).

El costo de pavimentar con asfalto fue estimado en 371.08 pesos por metro cuadrado y de 571.20 pesos por metro cuadrado con concreto hidráulico. Considerando las estadísticas de superficie de calles y los costos de pavimentación tenemos los siguientes montos requeridos para pavimentación de Cananea, Sonora (ver Cuadro 2).

Cuadro 2. Costos por tipo de pavimentación para Cananea, Sonora (enero, 2011)

Cobertura	Asfalto (pesos)	Concreto Hidráulico (pesos)
Polígonos de colonias	\$456,892,804.48	\$703,290,853.51

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (enero, 2011)

El algoritmo y los procesos de clasificación espectral de pavimentación se realizaron en dos plataformas de Sistemas de Información Geográfica: ENVI 4.5 y Arc GIS 9.3. El conjunto de datos generados se encuentran en versión digital y podrán ser utilizados para su actualización de superficies y en costos para la ciudad de Cananea, Sonora.

El algoritmo y los procesos de clasificación espectral de pavimentación se realizaron en dos plataformas de Sistemas de Información Geográfica: ENVI 4.5 y Arc GIS 9.3. El conjunto de datos generados se encuentran en versión digital y podrán ser utilizados para su actualización de superficies y en costos para la ciudad de Cananea, Sonora.

RESULTADOS: COSTOS y ESTADÍSTICAS

Los costos fueron calculados por la Dirección de Desarrollo Urbano y Obras Públicas de la Ciudad de Cananea y representa los costos actualizados al mes de enero del año 2011 (cuadro 3).

Cuadro 3. Costo del asfalto y el concreto hidráulico; estimado en pesos por metro cuadrado y vigente al 31 de enero del 2011.

Costo promedio en pesos por metro cuadrado Fuente:	Asfalto (pesos)	Concreto (pesos)
Costo promedio zona fronteriza*	\$451.40	\$664.00
Dirección General de Costos, Gobierno del Estado de Sonora	\$374.00	\$608.00
Dirección General de Costos del Estado de Sonora para San Luis Río Colorado	\$425.00	\$695.00
Dirección General de Costos del Estado de Sonora para Hermosillo, Sonora	\$330.00	\$529.00
Dirección General de Costos del Estado de Sonora: Agua Prieta, Sonora	\$275.00	\$360.00
Costo Promedio	\$371.08	\$571.20

*Elaborado con los costos de; COCEF; Dirección de Infraestructura Urbana y Obras Públicas de San Luis Río Colorado, Sonora y la Dirección de Obras Públicas del Municipio de Ojinaga, Chihuahua. Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos.

Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (enero, 2011)

Con los costos descritos en el cuadro anterior se procedió a calcular los costos de pavimentación para la ciudad de Cananea, Sonora. En el escenario de pavimentar el 100 por ciento de las calles sin algún tipo de cubierta los costos se requeriría una inversión total de **\$456,892,804.48** de pesos con la opción de asfalto contra **\$703,290,853.51** de pesos con concreto hidráulico. El escenario de pavimentar con concreto hidráulico es poco factible, los programas de pavimentación normalmente para calles dentro de colonias o de nivel secundario o terciario normalmente se considera asfalto, pavimentando con concreto hidráulico solo las calles de primer orden o primarias.

En resumen, la gran diferencia entre los costos de pavimentación entre el asfalto y el concreto normalmente hace que las autoridades decidan por la primera opción. Sin embargo, es necesario considerar algunas diferencias técnicas importantes entre los dos materiales.

Asfalto

- Se deteriora más rápido con el tiempo
- Requiere reparaciones y re-carpeteos constantes
- Alto costo de mantenimiento
- Deformación en su superficie ofreciendo un manejo irregular, o bajo índice de servicio.

Concreto

- Deterioro mínimo durante su vida útil
- Duración de 20 a 30 años
- Mantenimiento mínimo
- Deformación mínima de su superficie
- Índice de servicio alto durante su vida útil
- Mayor velocidad de construcción
- Disminución de costos de operación
- Mejor drenaje superficial
- Mayor reflexión de luz
- Requiere menor estructura de soporte

TABLA DE RESULTADOS POR COLONIAS

De los mapas contenidos en los archivos proyecto creados en el Sistema de Información Geográfica se extrae un resumen de las tablas relacionales, éstas son exportadas de su formato original a una hoja de Excel. En primer orden se presentan las estadísticas principales de cobertura de calles con o sin carpeta asfáltica (ver tabla 1). Los datos son presentados por colonia, con el fin de que el usuario(a) pueda entender y discernir la información por esta entidad urbana, además de que se convierte en un elemento importante de ayuda en la priorización de los programas de pavimentación y en la toma de decisiones sobre la materia.

El mapa de colonias queda representado por un total de 47 polígonos relacionados a una colonia con nomenclatura, además con 4 polígonos más considerados como

“asentamientos nuevos” y en los que aparentemente no cuentan con nomenclatura de colonia. En total se encontró una superficie de **2,262,801.36 m²** de calles, de las cuales **1,231,251.49 m²** no cuentan con ningún tipo de pavimento y un total de **1,031,549.87 m²** están pavimentados. En total, la ciudad de Cananea cuenta con el **46%** de sus calles con pavimento y un **54%** de sus calles están sin pavimentar. El mapa 1 (anexo) muestra la distribución de calles pavimentadas y sin pavimentar.

Destacan con un alto porcentaje sin pavimentación (por arriba del 70% y menos del 100%) las colonias: Nuevos Des. Este, Zona Oeste (Mina), Santa Teresa, Mesa De Garibay, Leyes De Reforma 1, Campestre Oriente, Los Angares, Petroleros 2, Petroleros, Nuevos Des. Sur, El Volteadero, Leyes De Reforma 2, Agropecuaria 2, Nuevos Des. Nte.

Destacan con bajo porcentaje sin pavimentación (por abajo del 70%) las colonias: El Barrilito, Ranquillo, Tres Marías, Cananea, Rio Blanco, Fortín, Cementerio Viejo, Mesa Sur, Linda Vista, Burócrata, Mesa Norte, El Hoyo, El Faro, Los Pinos, Estadio, Campestre, Nueva Buena Vista, Planta Nueva, Napoleón Gómez Sada, San Isidro, Minera 2, Valle Del Cobre, El Peñascal, Romero, Valle Dorado, El Llanito, Valle Grande, Industrial, Fucuy, El Green, Agropecuaria 1, El Dorado, La Estación, Mártires De Cananea, Nuevo Cananea, Ayuntamiento, Cananea Vieja.

Tabla 1. Superficies pavimentadas y sin pavimentar por polígonos de Colonias de Cananea, Sonora (enero, 2011)

Colonia	Pavimentado (m ²)	Sin pavimentar (m ²)	Pavimentado (%)	Sin pavimentar (%)	Superficie total de calles
Agropecuaria 1	45,778.87	85,799.47	35%	65%	131,578.34
Agropecuaria 2	59.04	5,203.90	1%	99%	5,262.94
Ayuntamiento	13,558.77	30,234.30	31%	69%	43,793.07

Colonia	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Pavimentado (%)	Sin pavimentar (%)	Superficie total de calles
Burócrata	41,686.41	11,030.89	79%	21%	52,717.29
Campestre	53,194.88	23,504.41	69%	31%	76,699.29
Campestre Oriente	17,397.77	77,607.97	18%	82%	95,005.75
Cananea	27,575.81	1,675.80	94%	6%	29,251.61
Cananea Vieja	13,151.67	29,794.15	31%	69%	42,945.81
Cementerio Viejo	124,189.54	23,193.98	84%	16%	147,383.53
El Barrilito	468.48	-	100%	0%	468.48
El Dorado	9,606.74	18,549.82	34%	66%	28,156.56
El Faro	13,103.11	4,164.42	76%	24%	17,267.53
El Green	3,619.89	6,775.93	35%	65%	10,395.82
El Hoyo	19,307.29	6,109.03	76%	24%	25,416.32
El Llanito	2,966.08	3,556.74	45%	55%	6,522.81
El Peñascal	4,138.69	3,911.82	51%	49%	8,050.51
El Volteadero	900.35	19,008.88	5%	95%	19,909.24
Estadio	14,830.70	6,247.95	70%	30%	21,078.65
Fortín	17,297.80	2,426.27	88%	12%	19,724.07
Fucuy	4,255.07	7,511.28	36%	64%	11,766.35
Industrial	19,215.50	28,382.50	40%	60%	47,598.00
La Estación	8,069.84	16,229.05	33%	67%	24,298.89
Leyes De Reforma 1	7,541.34	31,933.96	19%	81%	39,475.30
Leyes De Reforma 2	1,197.14	89,184.83	1%	99%	90,381.97
Linda Vista	23,027.70	5,705.71	80%	20%	28,733.41

Colonia	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Pavimentado (%)	Sin pavimentar (%)	Superficie total de calles
Los Angeles	3,824.17	17,364.20	18%	82%	21,188.36
Los Pinos	87,751.06	28,372.76	76%	24%	116,123.82
Mártires De Cananea	13,932.70	28,077.82	33%	67%	42,010.52
Mesa De Garibay	3,883.92	12,990.25	23%	77%	16,874.16
Mesa Norte	26,410.50	7,417.60	78%	22%	33,828.09
Mesa Sur	9,552.29	2,109.93	82%	18%	11,662.22
Minera 2	83,657.82	67,875.49	55%	45%	151,533.30
Napoleón Gómez Sada	32,596.25	23,511.79	58%	42%	56,108.04
Nueva Buena Vista	11,718.93	6,831.90	63%	37%	18,550.83
Nuevo Cananea	29,702.05	63,059.77	32%	68%	92,761.82
Nuevos Des. Este	46,248.64	111,982.67	29%	71%	158,231.32
Nuevos Des. Nte	289.93	38,046.68	1%	99%	38,336.61
Nuevos Des. Sur	8,353.95	63,115.69	12%	88%	71,469.64
Petroleros	4,097.66	20,222.92	17%	83%	24,320.58
Petroleros 2	1,773.71	8,545.49	17%	83%	10,319.20
Planta Nueva	26,141.74	17,865.47	59%	41%	44,007.21
Ranquillo	11,000.10	-	100%	0%	11,000.10
Rio Blanco	13,412.39	1,854.60	88%	12%	15,266.99
Romero	2,204.11	2,553.07	46%	54%	4,757.18
San Isidro	14,081.57	10,172.68	58%	42%	24,254.25
Santa Teresa	18,181.82	58,954.29	24%	76%	77,136.11
Tres Marías	13,976.29	-	100%	0%	13,976.29

Colonia	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Pavimentado (%)	Sin pavimentar (%)	Superficie total de calles
Valle Del Cobre	20,022.85	18,791.22	52%	48%	38,814.07
Valle Dorado	24,491.58	28,428.71	46%	54%	52,920.29
Valle Grande	33,165.95	42,619.35	44%	56%	75,785.31
Zona Oeste (Mina)	4,939.43	12,744.23	28%	72%	17,683.66
Asentamientos Nuevos					
Nuevos Desarrollos Este	46,248.64	111,982.67	29%	71%	158,231.32
Nuevos Desarrollos Norte	289.93	38,046.68	1%	99%	38,336.61
Nuevos Desarrollos Sur	8,353.95	63,115.69	12%	88%	71,469.64
Nuevos Desarrollos Oeste	4,939.43	12,744.23	28%	72%	17,683.66
Gran Total	1,031,549.88	1,231,251.63	46%	54%	2,262,801.52

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (enero, 2011)

ESTADÍSTICAS POR ÁREAS GEOESTADÍSTICA BÁSICA (AGEB)

Resulta importante considerar a esta unidad espacial definida por el INEGI, por las siguientes razones:

- Permite conocer la cantidad de población total afectada por superficies no pavimentadas y viviendo en superficies pavimentadas. Los datos de población total no existen por Colonias en los datos censales del II conteo del 2005 y registrados en el sistema IRIS-SCINCE del INEGI para la ciudad de Cananea, Sonora.
- El AGEB ayuda a generar un indicador de Total de Habitantes/Superficie de calles no pavimentadas.
- El AGEB permite asociar el conjunto de variables censales que incluye datos socio-demográficos y socio-económicos. En total se cuenta con 32 variables censales.

El espacio urbano de la ciudad de Cananea, Sonora está subdividido para efectos censales en un total de 85 AGEB's. Existe una diferencia importante entre la población por AGEB y la Población Total. En la cartografía de AGEB se reporta un total de 29,139 habitantes contra un aproximado de 32,937 habitantes registrados en el último conteo de población y vivienda (2010). En conclusión, la estadística poblacional representada por AGEB, solo representa al 88% de la población de la ciudad, estimada al año 2010. Sin embargo, este problema no afecta de ninguna manera el presente estudio. Porque para los espacios que no cuenten con estos datos poblacionales se pueden utilizar otros criterios de priorización.

La superficie estimada por AGEB, coincide con la calculada por Colonias, se tiene que un total de 1,231,251.49 m² de calles sin pavimentar y 1,031,549.87 m² de calles pavimentadas. Las cifras anteriores hacen un total de calles de 2,262,801.36 m² de calles, de los cuales un 46 por ciento se encuentra pavimentado. Ver resultados de clasificación de calles en Mapa 2 (anexo). La tabla siguiente tiene la utilidad de ayudar a priorizar que áreas deben ser primero pavimentadas en función del número de habitantes relacionados a superficie no pavimentada.

Tabla 2. Estadísticas de pavimentación por AGEB en Cananea, Sonora (enero, 2011)

AGEB	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Total	Pav (%)	Sin pav (%)	Población por AGEB
2601900010257	20,140.07	39,525.03	59,665.10	34%	66%	1,559
2601900010261	69,569.58	17,964.91	87,534.50	79%	21%	1,527
2601900010295	88,835.98	8,313.62	97,149.60	91%	9%	1,918
2601900010308	44,411.21	10,359.91	54,771.11	81%	19%	1,844
2601900010312	38,474.97	26,648.87	65,123.83	59%	41%	1,336
2601900010327				92%	8%	

AGEB	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Total	Pav (%)	Sin pav (%)	Población por AGEB
	71,492.42	6,060.37	77,552.78			1,065
2601900010331	48,603.35	16,140.18	64,743.53	75%	25%	870
2601900010346	36,414.79	79,321.30	115,736.09	31%	69%	1,295
2601900010350	17,398.91	63,115.55	80,514.46	22%	78%	217
260190001037A	52,037.07	186,805.02	238,842.08	22%	78%	2,766
2601900010384	37,449.15	34,874.19	72,323.34	52%	48%	672
2601900010399	123,370.41	53,745.11	177,115.52	70%	30%	2,328
2601900010401	85,344.34	34,533.01	119,877.34	71%	29%	804
2601900010416	23,026.13	16,619.57	39,645.69	58%	42%	790
2601900010543	9,986.85	69,075.78	79,062.63	13%	87%	2,028
2601900010558	-	19,811.60	19,811.60	0%	100%	344
2601900010562	4,400.48	6,591.20	10,991.68	40%	60%	481
2601900010577	32,516.69	43,626.10	76,142.79	43%	57%	1,103
2601900010581	74,685.99	73,005.50	147,691.48	51%	49%	1,604
2601900010596	43,404.15	131,199.04	174,603.20	25%	75%	1,724
2601900010609	9,532.22	21,469.12	31,001.34	31%	69%	888
2601900010613	20,048.35	6,030.91	26,079.25	77%	23%	1,218
2601900010628	10,391.05	12,382.33	22,773.38	46%	54%	752
2601900010632	559.56	1,160.72	1,720.28	33%	67%	1
2601900010647	59.04	5,222.80	5,281.84	1%	99%	-
2601900010651	-	147.00	147.00	0%	100%	5
2601900010666	-	3,100.04	3,100.04	0%	100%	-
260190001901S				19%	81%	-

AGEB	Pavimentado (m2)	Sin pavimentar (m2)	Total	Pav (%)	Sin pav (%)	Población por AGEB
	10,020.95	43,838.83	53,859.79			
Ageb Este	45,821.40	86,557.01	132,378.41	35%	65%	-
Ageb Norte	289.93	38,162.95	38,452.88	1%	99%	-
Ageb Oeste	4,917.48	12,743.03	17,660.51	28%	72%	-
Ageb Sur	8,347.34	63,101.07	71,448.41	12%	88%	-
Totales	1,031,549.87	1,231,251.63	2,262,801.50			29,139

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (Enero, 2011)

COSTOS DE PAVIMENTACIÓN POR COLONIA

Dado que la unidad espacial conocida por la comunidad y las autoridades municipales es la “Colonia”, se decidió estimar los costos utilizando este polígono. Los costos finales resultan de multiplicar los costos promedio¹ por la superficie de calles sin pavimentar.

El desglose de costos por colonia queda como siguen en la Tabla 3. En este caso, se hace la aclaración de que existe el problema de falta de nombres de colonias aunque si se cuenta con los polígonos limítrofes de las mismas y que se poligonizaron 4 nuevos asentamientos urbanos que tendrán que cotejarse contra un mapa actualizado de colonias. Esto puede ser corroborado en el mapa digital, a fin de editarlo y hacer las correcciones en la nomenclatura pertinentes. Sin embargo, cada polígono es independiente y corresponde a una colonia en la ciudad, por lo que las estimaciones no se ven afectadas.

Tabla 3. Costos de Pavimentación por Colonia en Cananea, Sonora (Enero, 2011)

Los costos de pavimentación que se utilizan en la tabla 3, son los costos promedio de la Zona Fronteriza desglosados en 371.08 pesos por metro cuadrado con asfalto y de 571.20 pesos por metro cuadrado de concreto hidráulico.

Colonia	Sin pavimentar (m2)	Costo Concreto Hidráulico (peso m2)	Costo Concreto Asfalto (peso m2)	Concreto Hidráulico (pesos)	Asfalto (pesos)
Agropecuaria 1	85,799.47	571.2	371.08	49,008,657.39	31,838,467.41
Agropecuaria 2	5,203.90	571.2	371.08	2,972,467.46	1,931,063.07
Ayuntamiento	30,234.30	571.2	371.08	17,269,830.36	11,219,342.87
Burócrata	11,030.89	571.2	371.08	6,300,841.87	4,093,341.04
Campestre	23,504.41	571.2	371.08	13,425,718.82	8,722,016.35
Campestre Oriente	77,607.97	571.2	371.08	44,329,673.92	28,798,766.45
Cananea	1,675.80	571.2	371.08	957,216.30	621,855.44
Cananea Vieja	29,794.15	571.2	371.08	17,018,416.23	11,056,011.72
Cementerio Viejo	23,193.98	571.2	371.08	13,248,403.32	8,606,823.36
El Barrilito	-	571.2	371.08	-	-
El Dorado	18,549.82	571.2	371.08	10,595,656.70	6,883,466.89
El Faro	4,164.42	571.2	371.08	2,378,717.70	1,545,333.62
El Green	6,775.93	571.2	371.08	3,870,412.59	2,514,413.00
El Hoyo	6,109.03	571.2	371.08	3,489,478.03	2,266,938.91
El Llanito	3,556.74	571.2	371.08	2,031,608.34	1,319,834.07
El Peñascal	3,911.82	571.2	371.08	2,234,432.63	1,451,598.84
El Volteadero	19,008.88	571.2	371.08	10,857,875.02	7,053,816.99
Estadio	6,247.95	571.2	371.08	3,568,826.82	2,318,487.84

Colonia	Sin pavimentar (m2)	Costo Concreto Hidráulico (peso m2)	Costo Concreto Asfalto (peso m2)	Concreto Hidráulico (pesos)	Asfalto (pesos)
Fortín	2,426.27	571.2	371.08	1,385,883.23	900,338.85
Fucuy	7,511.28	571.2	371.08	4,290,441.87	2,787,284.96
Industrial	28,382.50	571.2	371.08	16,212,082.09	10,532,176.86
La Estación	16,229.05	571.2	371.08	9,270,035.61	6,022,277.34
Leyes De Reforma 1	31,933.96	571.2	371.08	18,240,680.80	11,850,055.73
Leyes De Reforma 2	89,184.83	571.2	371.08	50,942,375.79	33,094,707.30
Linda Vista	5,705.71	571.2	371.08	3,259,100.80	2,117,274.38
Los Angares	17,364.20	571.2	371.08	9,918,430.05	6,443,506.69
Los Pinos	28,372.76	571.2	371.08	16,206,522.20	10,528,564.88
Mártires De Cananea	28,077.82	571.2	371.08	16,038,049.45	10,419,116.58
Mesa De Garibay	12,990.25	571.2	371.08	7,420,028.43	4,820,420.43
Mesa Norte	7,417.60	571.2	371.08	4,236,930.32	2,752,521.19
Mesa Sur	2,109.93	571.2	371.08	1,205,193.91	782,954.06
Minera 2	67,875.49	571.2	371.08	38,770,477.17	25,187,235.07
Napoleón Gómez Sada	23,511.79	571.2	371.08	13,429,932.39	8,724,753.70
Nueva Buena Vista	6,831.90	571.2	371.08	3,902,379.97	2,535,180.60
Nuevo Cananea	63,059.77	571.2	371.08	36,019,742.24	23,400,220.50
Nuevos Des. Este	111,982.67	571.2	371.08	63,964,503.37	41,554,530.65
Nuevos Des. Nte	38,046.68	571.2	371.08	21,732,260.97	14,118,360.30
Nuevos Des. Sur	63,115.69	571.2	371.08	36,051,684.41	23,420,971.73
Petroleros	20,222.92	571.2	371.08	11,551,330.55	7,504,320.28

Colonia	Sin pavimentar (m2)	Costo Concreto Hidráulico (peso m2)	Costo Concreto Asfalto (peso m2)	Concreto Hidráulico (pesos)	Asfalto (pesos)
Petroleros 2	8,545.49	571.2	371.08	4,881,182.83	3,171,059.74
Planta Nueva	17,865.47	571.2	371.08	10,204,757.37	6,629,519.19
Ranquillo	-	571.2	371.08	-	-
Rio Blanco	1,854.60	571.2	371.08	1,059,346.58	688,204.36
Romero	2,553.07	571.2	371.08	1,458,314.81	947,394.01
San Isidro	10,172.68	571.2	371.08	5,810,632.89	3,774,876.84
Santa Teresa	58,954.29	571.2	371.08	33,674,690.21	21,876,757.78
Tres Marías	-	571.2	371.08	-	-
Valle Del Cobre	18,791.22	571.2	371.08	10,733,546.97	6,973,047.29
Valle Dorado	28,428.71	571.2	371.08	16,238,481.23	10,549,327.05
Valle Grande	42,619.35	571.2	371.08	24,344,174.01	15,815,189.24
Zona Oeste (Mina)	12,744.23	571.2	371.08	7,279,506.70	4,729,130.51
Gran Total	1,231,251.63			703,290,932.75	456,892,855.96

Costos promedio zona fronteriza (371.08 asfalto; 571.20 concreto hidráulico)

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (Enero, 2011)

Considerando un escenario donde se alcance la cobertura faltante de pavimentación para el 100 por ciento de las calles no pavimentadas para Cananea, con costo promedio de 371.08 pesos/m² con asfalto y de 571.20 pesos/m² de concreto hidráulico y que fueron detectadas en la imagen satelital con fecha 15 de diciembre de 2010, las cifras totales requeridas serían las mostradas en el siguiente cuadro. Los mapas 4 y 5 (anexo) muestran una jerarquización de costos para asfalto y concreto respectivamente y estimado por colonia.

Cuadro 7. Análisis de Costos, Dirección General de Desarrollo Urbano de Cananea, Sonora y Costos Promedio Zona Fronteriza

Fuente de información	Superficie en m2 sin pavimentar	Costo promedio Zona Fronteriza	Costo Pesos Zona Fronteriza
Asfalto	1,231,251.49	371.08	456,892,804.48
Concreto	1,231,251.49	571.20	703,290,853.51

Costos promedio (371.08 asfalto; 571.20 concreto hidráulico)

Fuente: Elaborado por Servicios Profesionales Científicos y Técnicos (Enero, 2011)

Queda la ciudad subdividida en 47 polígonos de colonias y 4 polígonos más detectados como nuevos desarrollos y que se consideran temporalmente como áreas fuera de colonias. La información desarrollada en este proyecto ayudará al desarrollo de diferentes escenarios de costos, así como en la priorización de los programas de pavimentación.

En este proyecto, uno de los objetivos es ayudar a las autoridades correspondientes a decidir sobre las áreas prioritarias para pavimentación en Cananea, Sonora, por lo que se generó toda la cartografía correspondiente a cada análisis; éstas son:

- Mapa de calles pavimentadas y no pavimentadas por Colonia;
- Mapa de calles pavimentadas y no pavimentadas por AGEB;
- Mapa de costos de pavimentación con asfalto por Colonia;
- Mapa de costos de pavimentación con concreto hidráulico por colonia y
- mapa de estadísticos de pavimentación por colonia.

Estos mapas se anexan en diversos formatos: shapes, proyectos ArcGIS (mxd), archivos jpg y archivos pdf.

CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

El algoritmo y metodología utilizados para extraer clasificación de calles pavimentadas y sin pavimentar en la ciudad de Cananea, así como las características espectrales y espaciales de la imagen satelital programada para Cananea, Sonora nos permite llegar a las siguientes conclusiones.

- Para la realización del diagnóstico se contrató la programación exclusiva de una imagen satelital para la ciudad de Cananea, Sonora con fecha 15 de diciembre de 2010, logrando un análisis con un alto nivel de precisión, donde expresa mediante datos calculados las condiciones de las vialidades de Cananea, Sonora.
- El conjunto de vialidades de la ciudad de Cananea, cuenta con un déficit medio de pavimentación. De tal manera que un 46 % de superficie en calles cuenta con algún tipo de carpeta y principalmente asfalto en vialidades secundarias y terciarias. El Concreto Hidráulico normalmente se encuentra en algunas vialidades principales, el 54 % de las vialidades no cuentan con ningún tipo de pavimentación. En síntesis, se contabilizó un total de 2.2 Mm² de calles, de los cuales 1.2 Mm² están sin pavimentar.
- En función de los costos promedio estimados (371.08 pesos/m² de asfalto y 571.20 pesos/m² de concreto hidráulico se estimó, que para pavimentar el 100 % de la superficie total de calles dentro de colonias se requerirían 456 millones de pesos en el caso de la opción de asfalto y de 703 millones de pesos para pavimentar con concreto hidráulico.
- El escenario de pavimentar en un 100 por ciento las vialidades es un escenario ideal difícil de alcanzar. Por lo que la metodología empleada en este proyecto, así como la cartografía de calles generada brindan la posibilidad de genera información que sirva para priorizar los programas de pavimentación, mediante

jerarquización en función de superficies, costos y población afectada (ver mapas 3 y 4).

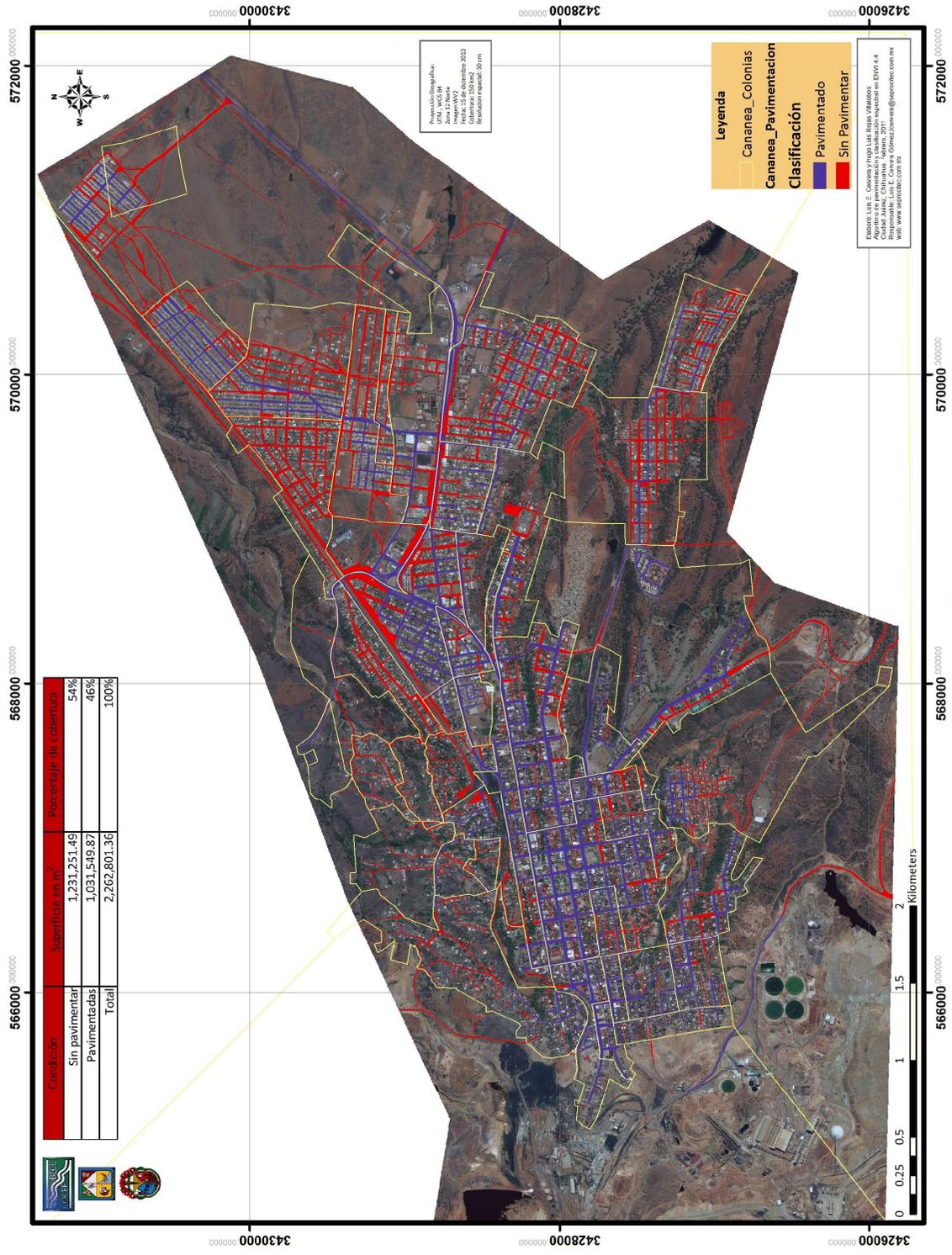
- La tecnología empleada en este proyecto, basada en el uso de una imagen satelital con fecha reciente y su tratamiento con programas especializados de Sistemas de Información Geográfica (Arc GIS 9.2 y ENVI 4.5) brindan fuertes posibilidades para que sean implementadas por la ciudad de Cananea, Sonora en sus programas de pavimentación así como en otros programas relacionados a infraestructura y equipamiento urbano.
- La resolución espacial de la imagen satelital de 50 cms por pixel y el uso de tres bandas espectrales permite una supervisión visual de la clasificación en calles. Por lo que no se requiere supervisión en campo. Con esta resolución y considerando una calle promedio de 12 metros de ancho por 100 de largo, se tendrían un total de 24 por 200 pixeles (4,800 pixeles por calle).
- El ambiente geo-referenciado y creado en una plataforma de Sistemas de Información Geográfica. Proveen un conjunto de datos vectoriales y raster que brindan la posibilidad tanto de actualizar como derivar más cartografía temática para la ciudad de Cananea. Además de establecer relaciones con otras bases de datos como variables e indicadores socio-económicos, socio-demográficos y ambientales en un ambiente geo-referenciado. El sistema creado para Cananea está listo para seleccionar y recalcular sectores prospectos a ser pavimentados.
- La calidad de la imagen aunada con las condiciones de poca vegetación en la ciudad y en conjunto buena traza de vialidades permitieron una rápida clasificación espectral para diferenciar las calles pavimentadas de las no pavimentadas.

Referencias

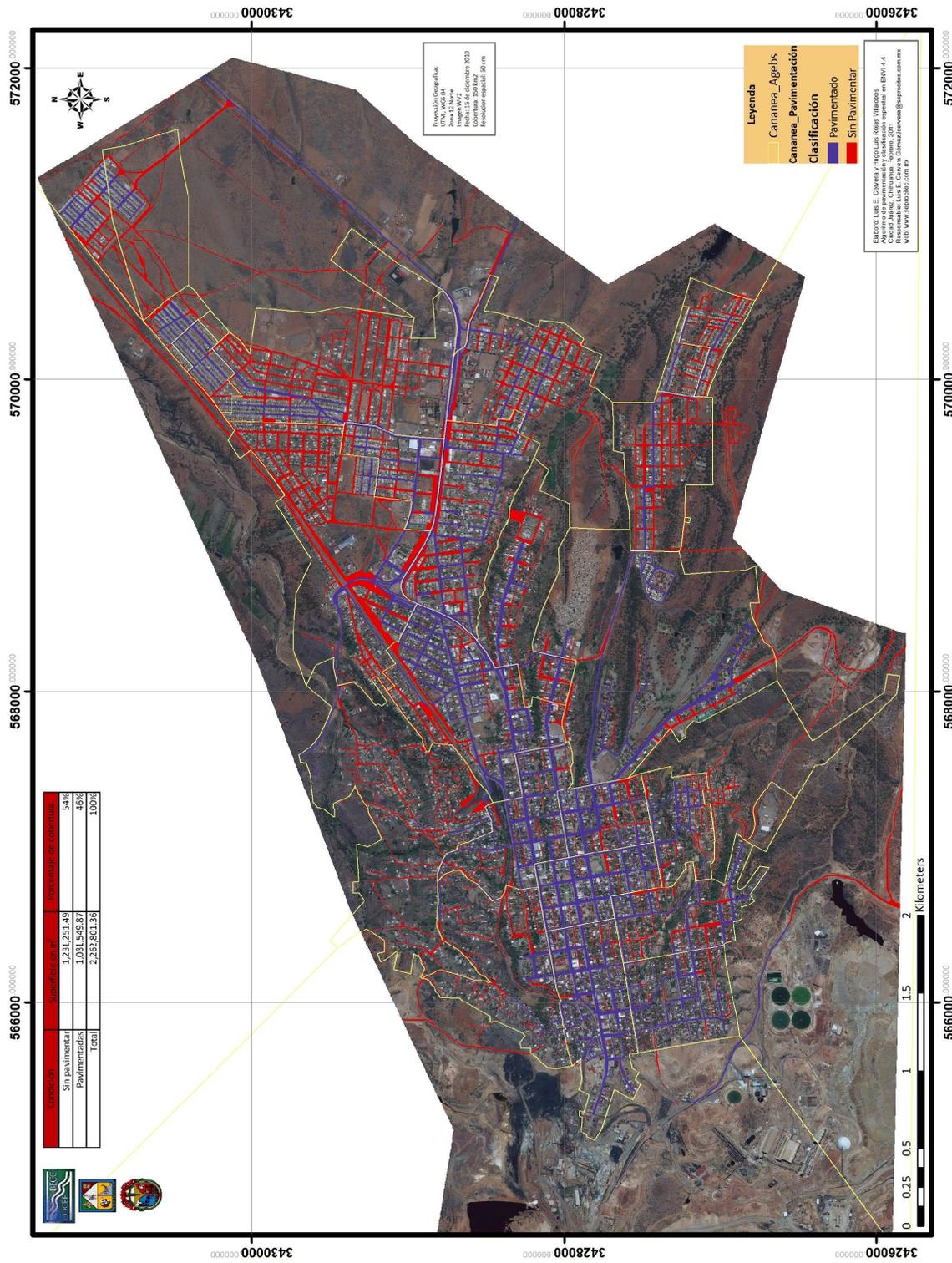
- 2006-2012. Plan de Desarrollo Urbano de Cananea, Sonora.
- BECC-NADBank, 2008. Border Environment Cooperation Commission Air Quality and Street Paving Project in Nuevo Laredo, Tamaulipas. Board Document BD 2008-43; BECC Certification Document. December 16.
- Canadá Center for Remote Sensing (2008). Optical Imaging Systems Information Extraction from High Resolution Satellite Images. Available in http://nrcan.gc.ca/optic/high/infoext_e.php
- COCEF, 2003. Programa Integral de Pavimentación y Calidad del Aire del Estado de Baja California. Documento disponible en: http://www.cocef.org/aproyectos/excomBajaCalifornia2003_04esp.htm
- Consejo Nacional de Población (CONAPO). De la población en México 2005-2050. <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/pry/localidad.xls>
- Gao and L. Wu. **NETWORKS IN URBAN AREAS FROM IKONOS IMAGERY BASED ON SPATIAL REASONING**. School of Geography and Environmental Science, University of Auckland, Auckland, New Zeland. jg.gao@auckland.ac.nz
- Guindon, B., 1997. Computers-Based Aerial Image Understanding: A Review and Assessment of its Application to Planimetric Information Extractation from Very High Resolution Satellite Images. Canadian Journal of Remote Sensing, Vol. 23, p.p. 38-47.
- Hernández et al (2000). Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. Salud Pública de México/ Vol. 42, no. 4, julio-agosto 2000.
- Herold, et al (2008). Spectrometry and hyperspectral Remote Sensing of Urban Road Infraestructre. 29 pp. Disponible en: <http://satjournal.tcom.ohiou.edu/pdf/herold.pdf>
- INEGI (2010). XVII Censo de Población y Vivienda. IRIS-SCINCE, Cananea, Sonora.
- Jensen J.R., and Cowen, D.C. 1999. Remote sensing of Urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 65(5):611-622.
- Quatrochi, D.A. and Weng, Q. 2007. Urban Remote Sensing. CRC Press. Taylor& Francis Group. 412 pp.

- Usher, J.M. (2000). Remote Sensing applications in transportation modeling, Remote Technology Centers Final Report, <http://www.rstc.msstate.edu/publications/proposal1999-2001.html>
- Western Research Institute (2003). Pavement Construction and Maintenance Applications for Remote Sensing. June 2, 25 pp.
- INEGI Censo de Población y Vivienda (2010). Cananea, Sonora. Documento disponible: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/preliminares2010.aspx>
- INEGI (2010) http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/biblioteca/default.asp?accion=2&upc=702825006401&seccionB=bd

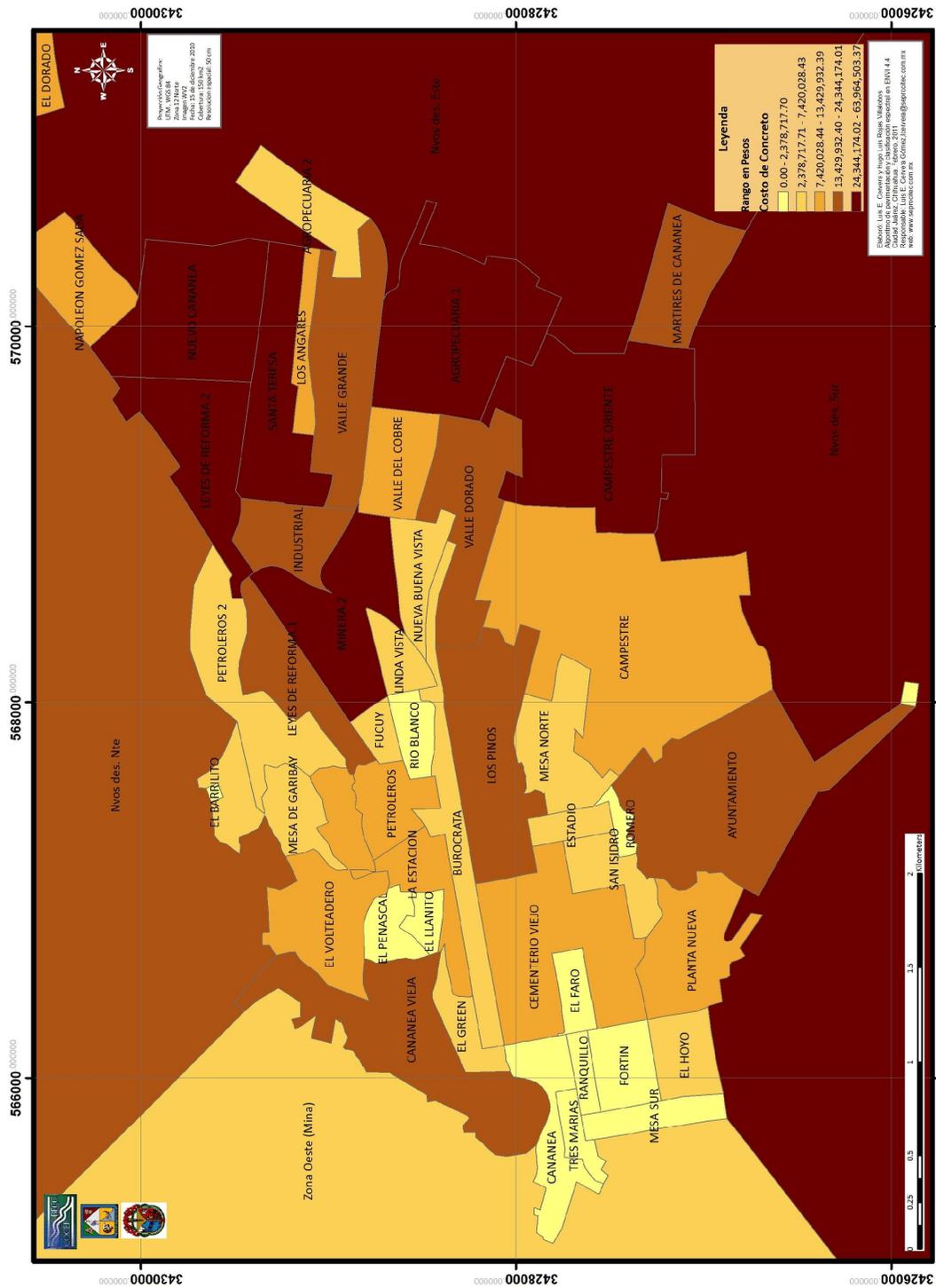
ANEXO: MAPAS DE PAVIMENTACIÓN DE
CANANEA, SONORA.

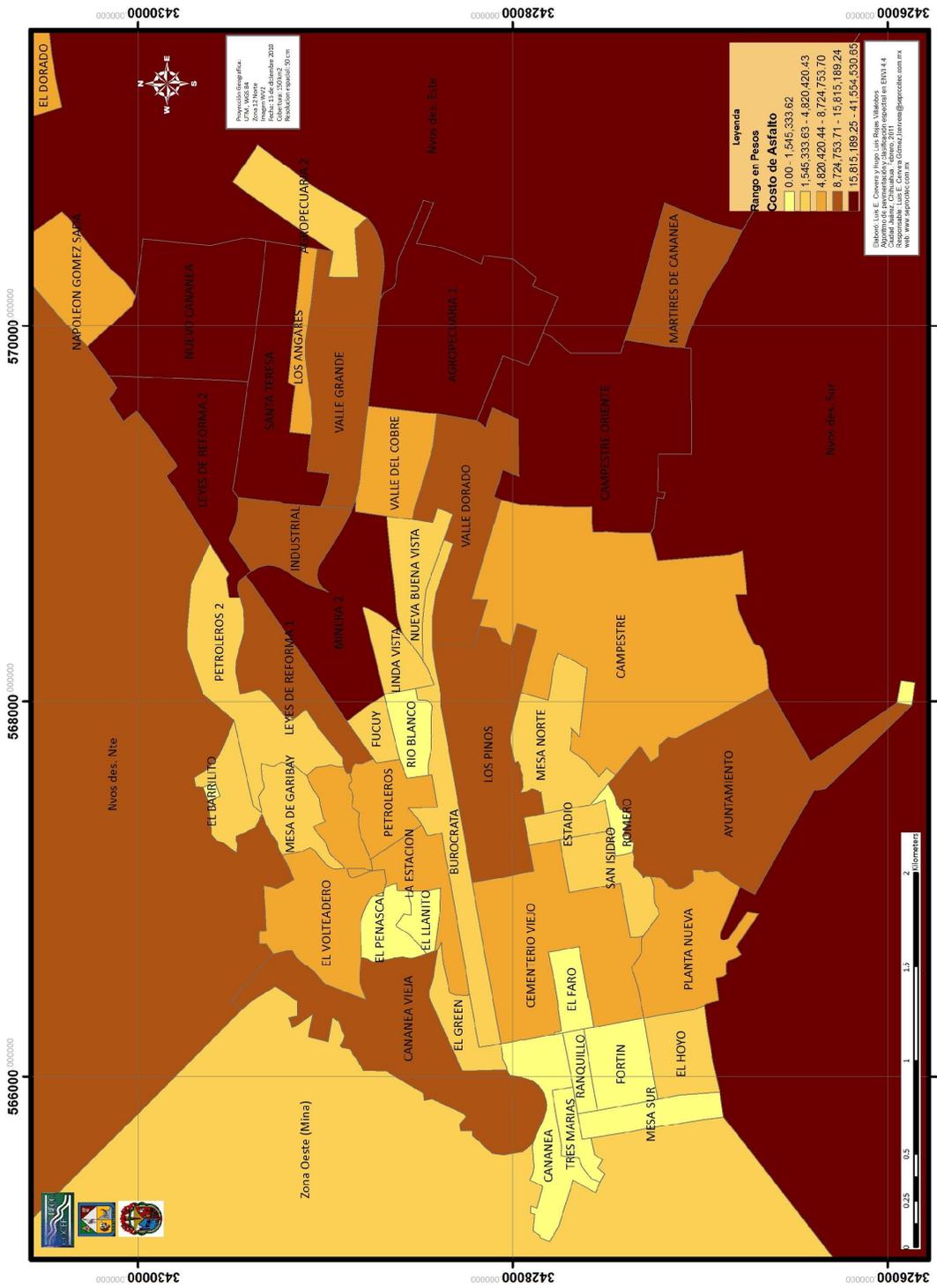


Mapa1. Condiciones de Pavimentación por Colonia en Cananea, Sonora.

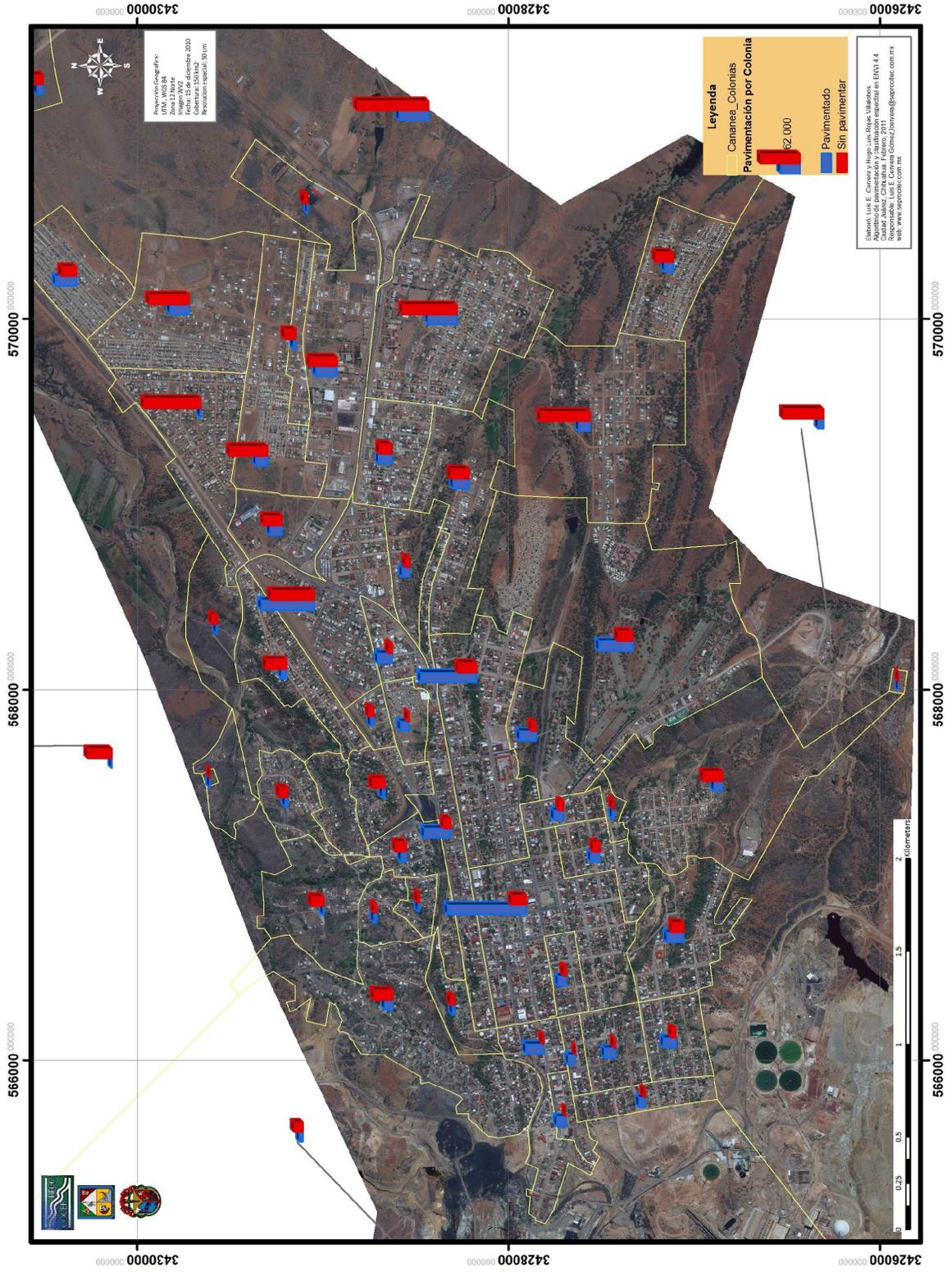


Mapa2. Condiciones de Pavimentación por AGEB en Cananea, Sonora.





Mapa 4. Costos de pavimentación con Asfalto por Colonia en Cananea, Sonora.
Costo promedio estimado en zona Fronteriza por m2 = 371.08 pesos



Mapa 5. Superficie pavimentada y sin pavimentar por Colonia en Cananea, Sonora.