

ISSN 0188-7297



Certificado en ISO 9001:2000‡

SECRETARÍA DE  
COMUNICACIONES  
Y TRANSPORTES



“IMT, 20 años generando conocimientos y tecnologías para el desarrollo del transporte en México”

---

# **EVALUACIÓN SOCIAL DE REDES REGIONALES DE CAMINOS. METODOLOGÍA Y ESTUDIO DE CASO**

José Antonio Arroyo Osorno

**Publicación Técnica No 298  
Sanfandila, Qro. 2006**



---

**SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Evaluación social de redes regionales de  
caminos. Metodología y estudio de caso**

**Publicación Técnica No 298  
Sanfandila, Qro. 2006**

---



Este trabajo fue elaborado por José Antonio Arroyo Osorno, investigador de la Coordinación de Integración del Transporte en el Instituto Mexicano del Transporte (IMT).



# Índice

---

	<b>Página</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Abstract</b>	<b>V</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>VII</b>
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2. Aspectos generales de la Región Costa</b>	<b>3</b>
<b>3. Aplicación de la primera fase de la metodología</b>	<b>7</b>
<b>4. Aplicación de la segunda fase de la metodología</b>	<b>21</b>
<b>4.1 Métrica para los criterios y variables considerados</b>	<b>21</b>
<b>4.2 Población de los municipios que comprenden las cuatro redes de caminos por evaluar</b>	<b>29</b>
<b>4.3 Identificación de las localidades dentro de la zona de influencia de las redes de caminos, y su población beneficiada</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Integración de la retícula de calificaciones para cada una de las redes de caminos</b>	<b>32</b>
<b>4.5 Construcción de las matrices de índices de concordancia y discordancia</b>	<b>36</b>
<b>4.6 Grado de dominación de las diferentes alternativas (preferencia de las redes evaluadas)</b>	<b>38</b>
<b>4.7 Representación gráfica (núcleo o kernel)</b>	<b>39</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>41</b>
<b>6. Bibliografía</b>	<b>43</b>





## Resumen

---

La realización de este trabajo se debe al interés del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en extender la aplicación de la metodología desarrollada en la Publicación Técnica 234 del IMT a **redes de caminos**, con la intención de ofrecer una alternativa que facilite la toma de decisiones de los responsables de la programación de inversiones para la conservación y el mejoramiento de los caminos de dependencias y organismos federales, estatales y municipales de México, para que asignen los recursos económicos disponibles de forma óptima, y garantizar con ello un mayor beneficio para la sociedad.

El estudio comprende el análisis de cuatro redes pequeñas de caminos de la **Región Costa** del estado de Michoacán, pudiendo realizarse en cualquier región o zona del país. Para la elaboración de este documento se utilizó parte documental del informe técnico *Selección sistémica de caminos rurales a rehabilitar o construir en el Estado de Michoacán (estudio piloto)*, desarrollado en el propio IMT en el 2005.

La idea principal del estudio es apoyar la toma de decisiones de los responsables de la red de caminos de la **Región Costa** para determinar la prioridad que, para efectos de conservación y mejoramiento, tiene un grupo de caminos (red) sobre otro(s), de manera que les permita la conexión en condiciones adecuadas con carreteras principales.





## Abstract

---

This document was made due to the interest of Mexican Institute of Transport (IMT by its abbreviations in Spanish) in extending the methodological application developed in Technical Publication 234 of IMT to **road networks**, with the main objective to offer an alternative that facilitates the decision making of Mexican federal, state and municipal dependencies and agencies in charge to program the investments for road conservation and maintenance, so that they assign the economic resources available in optimal form, and to guarantee with it a greater benefit for the society.

The study includes an analysis for four small road networks, which are located in the **Coast Region** of Michoacan State, and it could be applied in any Region or Zone of Mexico. Part of the information contained in the technical report called *Selección sistémica de caminos rurales a rehabilitar o construir en el Estado de Michoacán (estudio piloto)*, developed in 2005 in the own IMT, was used for the elaboration of the present study.

The intention of this work is to support the decision making of Michoacan's **Coast Region** responsible authorities to determine the priority that, for effects of conservation and maintenance, has a road group (network) on another one or other networks, so that it allows a good connection with principal highways.





## Resumen ejecutivo

---

La realización de este trabajo se debe al interés del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) en extender la aplicación de la metodología desarrollada en la publicación técnica 234 del IMT a **redes de caminos**, con la intención de ofrecer una alternativa que facilite la toma de decisiones de los responsables de la programación de inversiones para la conservación y el mejoramiento de los caminos de dependencias y organismos federales, estatales y municipales de México, para que asignen los recursos económicos disponibles de forma óptima, y garantizar con ello un mayor beneficio para la sociedad. En el estudio actual se utilizó parte de la información del informe técnico *Selección sistémica de caminos rurales a rehabilitar o construir en el Estado de Michoacán (estudio piloto)*, también desarrollado en el IMT en el 2005.

Así como los trabajos que le anteceden, el presente estudio considera información referente a indicadores de bienestar social (número de habitantes; población analfabeta; ocupantes en viviendas sin energía eléctrica, entre otros), así como aspectos relacionados con el desarrollo regional (ordenamiento territorial, acceso a recursos naturales, vinculación regional, etc) El análisis comprende cuatro redes pequeñas de caminos de la **Región Costa** del estado de Michoacán, pudiendo realizarse en cualquier región o zona del país.

El estudio contiene variantes interesantes en su metodología, ya que muestra la forma de cómo deben analizarse las redes de caminos, a diferencia de cómo se trabajan las alternativas para caminos analizados individualmente. Asimismo, los estudios anteriores fueron hechos para construcción y/o rehabilitación de caminos rurales. El presente estudio se realizó para conservación y mejoramiento de caminos existentes y es aplicable no solamente a caminos rurales sino, inclusive, a carreteras de altas especificaciones, incluyendo las combinaciones posibles entre todos los tipos de caminos. Además, el análisis se realiza para proyectos más grandes (redes) y estos pueden ser tan grandes como se requiera.

De la misma forma que en los trabajos previos, el estudio se dividió en dos fases. La primera de ellas consiste en establecer la necesidad que tiene cada uno de los municipios que integran las diferentes redes, de contar con infraestructura de caminos en buenas condiciones que les permita mejorar sus estándares de vida, de acuerdo con los indicadores de bienestar social de la población de las localidades que las conforman (utilizando interpolación lineal); y la segunda, en determinar con base en aspectos relacionados con el desarrollo regional, la prioridad que tienen las cuatro redes de caminos de recibir las acciones de conservación y mejoramiento correspondientes (recurriendo para ello al método ELECTRA, versión I). Asimismo, se realizaron en excel<sup>®</sup> dos programas de cómputo para automatizar los procedimientos de cálculo de cada una de ellas.







# 1 Introducción

---

La importancia de fomentar la conservación y el mejoramiento de las redes de caminos existentes en México resulta de la necesidad que tienen las autoridades y la sociedad de impulsar el crecimiento y el desarrollo de las diferentes localidades del país. Los caminos son una condición necesaria para el desarrollo económico y social de una región o nación, ya que sirven de enlace en el intercambio de bienes y personas, así como de la cultura, dando con ello origen a las relaciones de producción y a las relaciones sociales necesarias para el progreso. Al contar con mejores vías de comunicación, las regiones tendrán mayores posibilidades para integrarse a los mercados, favoreciendo sus ventajas comparativas, lo que contribuirá a fortalecer su productividad y aumentar su capacidad de desarrollo.

El que un país cuente con la suficiente infraestructura de caminos le facilitará alcanzar mayor eficiencia en la movilidad de sus productos, generando un mejor equilibrio entre las regiones. Al existir una adecuada red de caminos, la distancia entre las regiones se reduce, generándose una disminución en el costo del transporte. En consecuencia, habrá mejor competencia regional.

Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es desarrollar una herramienta que permita tomar la mejor decisión a los responsables de la elaboración de programas de inversión ante una cartera de proyectos de redes de caminos, con el fin de lograr la mejor opción de conexión con carreteras principales.

Considerando la información - publicada por el Consejo Nacional de Población (CONAPO)\* en el año 2000 - referente a indicadores de bienestar social (número de habitantes; población analfabeta; ocupantes en viviendas sin energía eléctrica; etc, que en conjunto integran el índice de marginación de cada región), se propondrá un método que conlleve a determinar la preferencia de conservación y mejoramiento que tiene un grupo de caminos (red) sobre otro. La metodología se ejemplificará como estudio de caso para los diferentes municipios y localidades que integran la **Región Costa** de Michoacán, tomando en cuenta también aspectos relacionados con el desarrollo regional (ordenamiento territorial; acceso a recursos naturales; vinculación regional, entre otros).

La adecuada utilización de la metodología permitirá poner en marcha mayor número de proyectos, y evitará la ejecución de proyectos de conservación de redes de caminos que no sean socialmente viables.

---

\* <http://www.conapo.gob.mx/00cifras/2000.htm>



## 2 Aspectos generales de la Región Costa

---

La **Región Costa** del estado de Michoacán está integrada por los municipios de Aquila, Arteaga, Coahuayana, Coalcomán de Vázquez Pallares, Chinicuila, Lázaro Cárdenas y Tumbiscatío.

Territorialmente es la región más grande de la entidad; cuenta con 14,124 km<sup>2</sup> y absorbe el 6.75% de la población total del estado; representado por una población de 269,341 habitantes, reportando una densidad de 19 individuos por km<sup>2</sup> y una tasa de crecimiento media anual de 1.8%.<sup>1</sup>

La región está conformada por 2,004 localidades, de las cuales en su mayoría (1,857) son menores a los 100 habitantes y solo 147 mayores a este rango.

La longitud carretera (por clase y superficie de rodamiento) de la **Región Costa** se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1**  
**Longitud de la red carretera por clase y superficie de rodamiento (2003)**  
**(kilómetros)**

MUNICIPIO	TOTAL	TRONCAL FEDERAL a/	PAVIMENTADA a/	REVESTIDA
<b>REGIÓN COSTA</b>	<b>615</b>	<b>438</b>	<b>10</b>	<b>167</b>
<b>Aquila</b>	219	151	2	66
<b>Arteaga</b>	124	114	0	10
<b>Coahuayana</b>	120	25	8	87
<b>Coalcomán de Vázquez Pallares</b>	0	0	0	0
<b>Chinicuila</b>	0	0	0	0
<b>Lázaro Cárdenas</b>	152	148	0	4
<b>Tumbiscatío</b>	0	0	0	0

a/ También es conocida como principal o primaria; tiene como objetivo específico servir al tránsito de larga distancia. Comprende caminos de dos, cuatro o más carriles.

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Registros Estadísticos del Centro 2003

Por su parte, el cuadro 2 presenta el índice y grado de marginación, así como los indicadores socioeconómicos de los municipios que conforman la **Región Costa**.

---

<sup>1</sup> <http://seplade.michoacan.gob.mx/seim/ER/prueba.htm>

## Cuadro 2

## Indicadores socioeconómicos de la Región Costa (2000)

MUNICIPIOS	POBLACIÓN TOTAL	% DE POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS ANALFABETA	% DE POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS SIN PRIMARIA COMPLETA	% DE OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN DRENAJE NI SERVICIO SANITARIO EXCLUSIVO	% DE OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN ENERGÍA ELÉCTRICA	% DE OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES SIN AGUA ENTUBADA	% DE VIVIENDAS PARTICULARES CON ALGÚN NIVEL DE HACINAMIENTO	% DE OCUPANTES EN VIVIENDAS PARTICULARES CON PISO DE TIERRA	% DE POBLACIÓN EN LOCALIDADES CON MENOS DE 5,000 HABITANTES	% DE POBLACIÓN OCUPADA CON INGRESOS DE HASTA DOS SALARIOS MÍNIMOS	ÍNDICE DE MARGINACIÓN	GRADO DE MARGINACIÓN
<b>Regional</b>	<b>269,341</b>											
Aguila	22,152	21.41	62.02	57.22	48.58	44.25	62.27	66.74	100.00	76.47	1.43585	MUY ALTO
Arteaga	23,386	21.84	53.22	39.47	28.22	22.24	55.14	36.65	60.22	66.63	0.37758	ALTO
Coahuayana	13,974	16.29	49.31	13.09	5.82	10.77	46.64	19.69	52.25	66.43	-0.45094	MEDIO
Coalcomán de Vázquez Pallares	21,706	17.66	56.80	25.04	24.36	19.96	51.62	31.74	51.91	61.42	0.05921	ALTO
Chinicuila	6,870	16.23	63.92	31.91	31.42	21.98	57.54	52.90	100.00	81.24	0.81411	ALTO
Lázaro Cárdenas	171,100	9.94	27.85	8.03	2.06	8.03	48.68	10.84	11.50	35.75	-1.34651	MUY BAJO
Tumbiscatío	10,153	31.29	69.42	45.65	30.13	24.21	62.59	44.72	100.00	72.42	1.09583	MUY ALTO

Fuente: <http://www.conapo.gob.mx>, en el apartado de "Índices de Marginación".

Como puede observarse, Lázaro Cárdenas es el único municipio de la región con grado de marginación muy bajo. Sin embargo, presenta un alto porcentaje (48.68%) de viviendas con algún nivel de hacinamiento; una población importante con ingresos de hasta dos salarios mínimos (35.75%); así como que un 27.85% de sus habitantes de 15 años o más no tienen la primaria completa, lo cual no es nada positivo. Los municipios restantes presentan desde un grado de marginación medio hasta uno de marginación muy alto.

El municipio mayormente marginado es el de Aguila, que presenta grandes rezagos en prácticamente todos sus indicadores. Le sigue Tumbiscatío, con cuatro indicadores por encima del 60% y otros cuatro superiores al 30%. Chinicuila, tiene cinco indicadores por encima del 50% y dos más están arriba del 30%. Arteaga, muestra cuatro indicadores por encima del 50% y el resto sobrepasan el 20%. El municipio de Coalcomán de Vázquez Pallares, presenta cuatro indicadores por encima del 50% y tres más son superiores al 20%. Coahuayana es el municipio con un nivel de bienestar regular; aún así tiene cuatro indicadores por arriba del 40%. La necesidad de un mejor nivel de vida que tienen todos estos municipios es evidente, ya que presentan fuertes problemas de analfabetismo; las condiciones físicas de sus viviendas son precarias y con hacinamiento muy fuerte; la población gana salarios muy bajos y existe una gran dispersión de la misma, entre otros factores. Esta situación debe atenderse urgentemente.

Salvo tres indicadores, superiores al 20%, puede afirmarse que Lázaro Cárdenas es un municipio con niveles de bienestar aceptables. Esto es debido en muy buena parte, a la importante actividad de la industria siderúrgica que se desarrolla en ese lugar.

Bajo este escenario, es innegable la gran necesidad que tiene la **Región Costa** de mejorar su calidad de vida. Para ello es necesario que dispongan de vías de comunicación en buenas condiciones que permitan hacer llegar a la población, los beneficios del desarrollo.

Como puede apreciarse en el cuadro 1, la longitud total de la red carretera principal de la **Región Costa** es de 615 km, que equivale al 4.61% del total de la red carretera del estado, que es de 13,348 km. Para ser la región territorialmente más grande es muy poco. Ahora bien, de los 615 km que conforman la red principal de la **Región Costa**, 448 km corresponden a caminos pavimentados; es decir el 72.85%, que es una buena longitud a nivel regional. Sin embargo, a nivel estatal significa únicamente el 3.36% del total.

A nivel municipal, Aquila tiene el 35.61% de la longitud total de la red carretera principal de la región; Lázaro Cárdenas el 24.72%; Arteaga el 20.16%, y Coahuayana el 19.51% restante. El municipio de Aquila cuenta con 153 km de caminos pavimentados, lo que equivale al 69.86% de la longitud total de su red carretera y 66 km de caminos revestidos; es decir, el 30.14% restante.

Arteaga tiene 114 km de caminos pavimentados, o lo que es lo mismo, el 91.94% del total de su red carretera. La actividad preponderante del municipio son la industria eléctrica y la pesca. En Infiernillo se localiza una importante planta hidroeléctrica, operada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

En el caso de Coahuayana, 87 km son de superficie revestida, o sea el 72.5% del total de su longitud carretera.

Lázaro Cárdenas registra 148 km de red carretera troncal federal, de los 152 km que integran su red carretera principal. Lo que significa el 97.37%. Esto se entiende, ya que dispone de un puerto y un parque industrial importantes a nivel nacional, en la isla de Cayacal, así como de lugares turísticos como Playa Azul y Caleta de Campos.

Coalcomán de Vázquez Pallares, Chinicuila y Tumbiscatío carecen de red carretera principal o primaria federal.

Es importante resaltar que de los siete municipios que integran la **Región Costa**, tres de ellos no registran red carretera principal; otro (Coahuayana), tiene el 72.5% de la superficie de su red revestida; y uno más (Aquila) también cuenta con una longitud significativa de la superficie de su red revestida (30.14%).

Lo anterior sugiere, además de la construcción necesaria de infraestructura principal de caminos para los municipios que no cuentan con ella, poner atención especial a la conservación y mejoramiento de los caminos existentes, para que sigan prestando su servicio en buenas condiciones.

La metodología desarrollada permite determinar la prioridad de los caminos para recibir acciones de conservación y mejoramiento, facilitando con ello la toma de decisiones de los responsables de este tipo de obras.

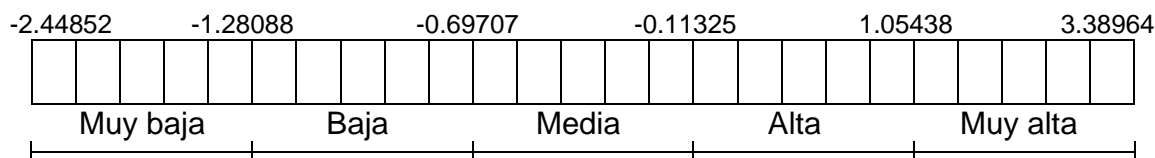
El análisis se hará en cuatro redes de caminos de la Región, todas ellas dentro de los municipios de Coahuayana, Chinicuila, Aquila, y Coalcomán de Vázquez Pallares.

### 3 Aplicación de la primera fase de la metodología

---

La primera fase de la metodología consiste en determinar el orden de preferencia que tienen los municipios de la **Región Costa** para destinarles los recursos económicos (en función de su grado de marginación y de la población potencialmente beneficiada) para la conservación o el mejoramiento de sus caminos. Para ello, se utilizarán los indicadores socioeconómicos del cuadro 3 en dos expresiones matemáticas, denominadas: regla de correlación para el índice de marginación; y regla de correlación para la población, las cuales se obtendrán durante el desarrollo de esta sección.

Con base en la división por grado de marginación (muy baja, baja, media, alta y muy alta), así como en los respectivos índices de marginación proporcionados por el CONAPO, se procedió a dividir cada grado de marginación en cien partes iguales con la finalidad de resaltar y distinguir las necesidades de cada municipio, y jerarquizar la importancia que para cada uno de ellos tiene la conservación y el mejoramiento de sus caminos. En la figura 1, cada subintervalo de los distintos grados de marginación representa veinte partes iguales:



**Figura 1**  
**División por grado de marginación a nivel nacional**

Cada municipio presenta un índice de marginación distinto, y la agrupación que se hace por intervalos es con la finalidad de ordenar de mayor a menor el índice de marginación; y de esta forma darles preferencia a aquellos con mayor índice de marginación. Al dividir cada intervalo en cien partes iguales se obtiene la amplitud de cada subintervalo; de esta manera se determinan los límites para cada uno de ellos en lo que se refiere al índice de marginación, sin olvidar que en la figura 1 cada subintervalo representa veinte partes iguales. Así, en la figura 2 se observan las operaciones algebraicas para obtener la amplitud de cada subintervalo en lo que respecta al grado de marginación muy alta, y en la figura 3 se ve la representación gráfica.

Para obtener la amplitud del intervalo con grado de marginación muy alta, se realiza la diferencia algebraica de sus límites (límite superior menos límite inferior):



$$3.38964 - 1.05438 = 2.33526$$

y, dividiendo entre 100:  $2.33526/100 = 0.0233526$

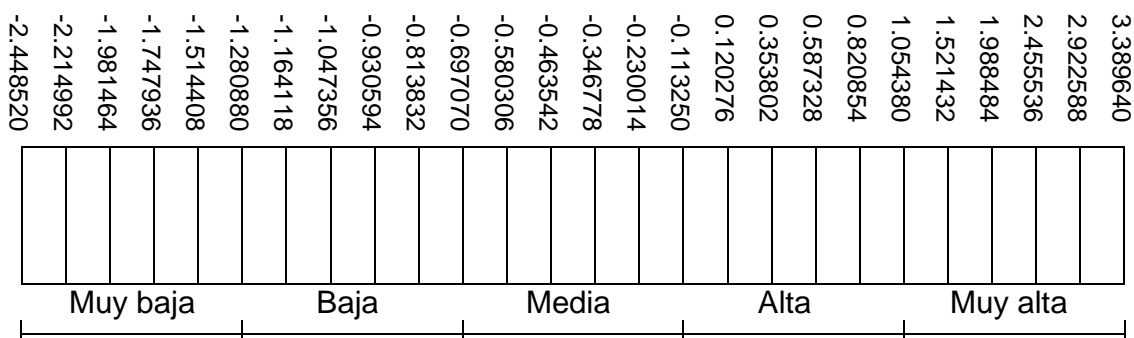
se obtiene la amplitud para cada una de sus cien divisiones.

De esta manera, los límites de los cinco grandes subintervalos para el grado de marginación muy alta son los siguientes:

Subintervalo 1:	$1.054380 + 0.467052 = 1.521432$
Subintervalo 2:	$1.521432 + 0.467052 = 1.988484$
Subintervalo 3:	$1.988484 + 0.467052 = 2.455536$
Subintervalo 4:	$2.455536 + 0.467052 = 2.922588$
Subintervalo 5:	$2.922588 + 0.467052 = 3.389640$

**Figura 2**  
Límites de los subintervalos para el grado de marginación muy alta

Se procede de la misma manera para los demás intervalos, presentándose el resultado en la figura 3:

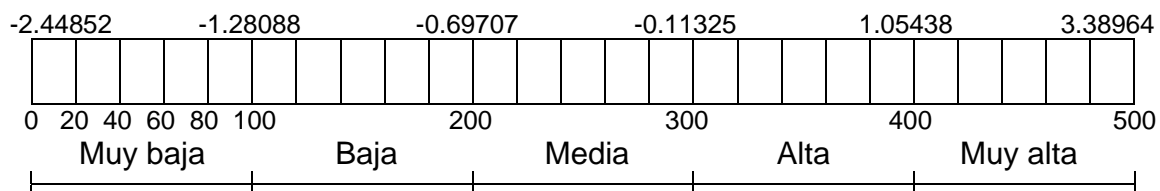


**Figura 3**  
Límites de los subintervalos para los diversos grados de marginación

Una vez definidos los límites para cada grado de marginación y para cada uno de sus subintervalos, se aplica una regla de ponderación asignando a cada municipio un valor del 0 al 500, dependiendo del subintervalo en que esté contenido su índice de marginación.

Se les asignaron a los municipios de marginación muy alta, como límites del intervalo los valores 401 y 500; a los de marginación alta los límites del intervalo de 301 y 400; a los de marginación media los límites del intervalo de 201 y 300; a los de marginación baja, el intervalo tiene como límites los valores 101 y 200.

Finalmente, el intervalo para los municipios de marginación muy baja tiene por límites los valores 0 y 100. En la figura 4 se puede observar la representación gráfica.



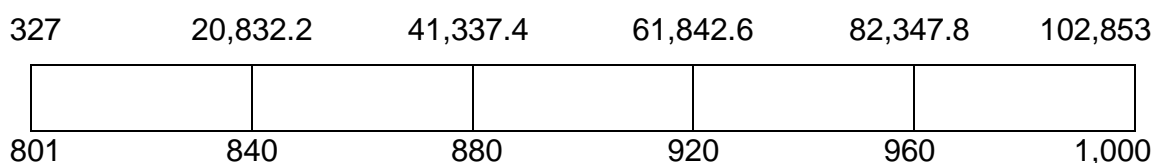
**Figura 4**  
**Límites asignados a los diferentes grados de marginación**

Los valores del 0 al 500 indican la prioridad que tienen distintos municipios, de contar con una conservación o el mejoramiento de sus caminos que permita a su población mejor integración con el resto del territorio nacional.

Con el propósito de relacionar la importancia demográfica con el grado de marginación, se procedió a realizar un análisis similar al que se efectuó para el índice de marginación. La regla de ponderación para la población contempla valores del 0 al 1,000 para todos los municipios del país e incluye los cinco grados de marginación (la amplitud de esta ponderación es mayor, ya que toma en cuenta la magnitud de la población a nivel nacional).

Para los municipios con grado de marginación muy alto se toman a nivel nacional las poblaciones con el mayor y menor número de habitantes; se hace la diferencia algebraica entre éstas, y se obtiene la amplitud para cada uno de sus cinco subintervalos (figura 5). La figura 5 muestra los cinco subintervalos con 40 partes iguales de ponderación cada uno. Los valores de ponderación del 801 al 1,000 se asignan a este grado de marginación, ya que incluye a la población con mayores carencias en el país. La figura 6 muestra estas operaciones algebraicas. De manera semejante se procede con los municipios con grado de marginación alta, media, baja y muy baja, obteniéndose las figuras 10, 11, 12 y 13.

Población de los municipios de marginación muy alta:



**Figura 5**  
**Subintervalos asignados a la población de marginación muy alta**

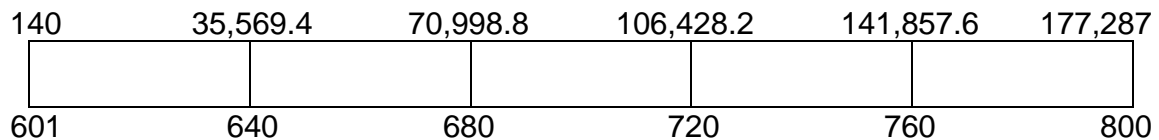
y,  $102,853 - 327 = 102,526$   
 $102,526 / 5 = 20,505.2$

Los cinco grandes subintervalos para la población con este grado de marginación son los de la figura 6.

$$\begin{aligned} 327 + 20,505.2 &= 20,832.2 \\ 20,832.2 + 20,505.2 &= 41,337.4 \\ 41,337.4 + 20,505.2 &= 61,842.6 \\ 61,842.6 + 20,505.2 &= 82,347.8 \\ 82,347.8 + 20,505.2 &= 102,853 \end{aligned}$$

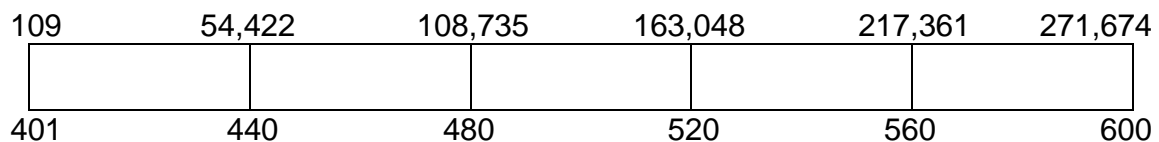
**Figura 6**  
**Subintervalos de población con marginación muy alta**

Población de los municipios de marginación alta:



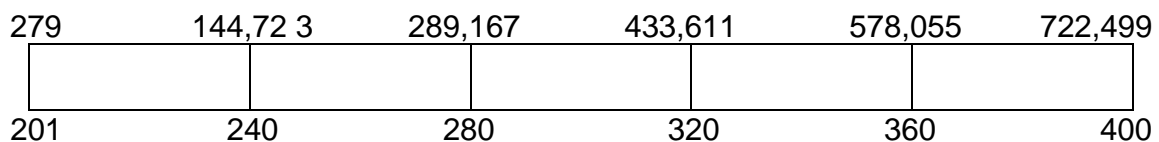
**Figura 7**

Población de los municipios de marginación media:



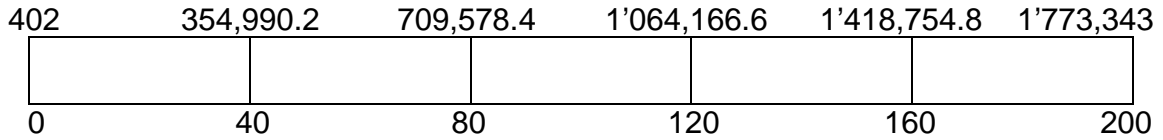
**Figura 8**

Población de los municipios de marginación baja:



**Figura 9**

Población de los municipios de marginación muy baja:

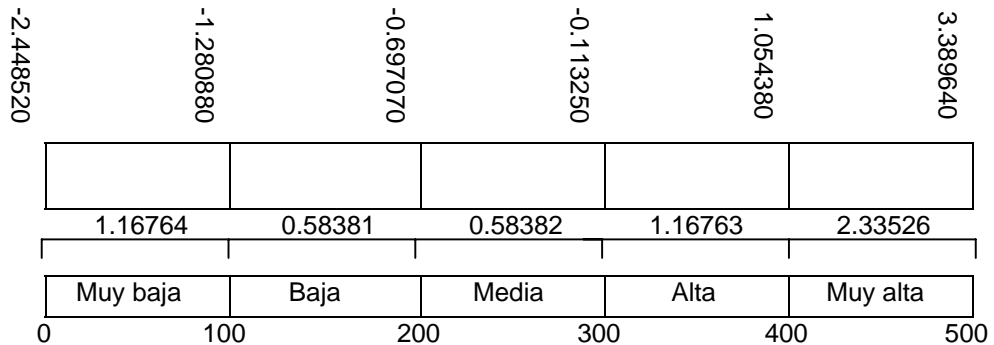


**Figura 10**

De la misma forma que con el índice de marginación, se identifica del número 801 al 1,000 a los municipios de marginación muy alta; del 601 al 800, a los de marginación alta; del 401 al 600, a los de marginación media; del 201 al 400, a los de marginación baja; y del 0 al 200, a los de marginación muy baja. Dependiendo del grado de marginación del municipio y del subintervalo en que esté contenida la población del mismo, le corresponderá el valor numérico a cada municipio.

Partiendo de los índices de marginación de CONAPO, así como de la población proporcionada para cada municipio y de las divisiones por intervalo obtenidas hasta ahora para el índice de marginación y la población, se establecen las reglas de correlación para el índice de marginación y para la población:

Regla de correlación para el índice de marginación:



$$\begin{aligned} \text{Intervalo del Grado de Marginación}_i &\longrightarrow 100 \\ \text{I.M.M.}_i - \text{L.INF.G.M.}_i &\longrightarrow \text{I.M.}_{\text{REAL}} \end{aligned}$$

De donde:

$$\text{I.M.}_{\text{REAL}} = (\text{I.M.M.}_i - \text{L.INF.G.M.}_i) \times 100 / \text{Intervalo del Grado de Marginación}_i$$

$\text{I.M.}_{\text{REAL}}$  = Índice de Marginación Real del municipio considerado

$I.M.M._i$  = Índice de Marginación del Municipio de grado de marginación  $i$

$L.INF.G.M._i$  = Límite Inferior del Grado de Marginación  $i$

Intervalo del Grado de Marginación $_i$  = Amplitud del Intervalo según el Grado de Marginación

$i$  = Marginación muy baja, baja, media, alta, muy alta

Ahora, dependiendo del grado de marginación, la regla de correlación correspondiente será:

Marginación muy baja:

$$I.M.REAL = [I.M.M. - (-2.44852)] \times 100 / 1.16764$$

Marginación baja:

$$I.M.REAL = [(I.M.M. - (-1.28088))] \times 100 / 0.58381 + 100$$

Marginación media:

$$I.M.REAL = [(I.M.M. - (-0.69707))] \times 100 / 0.58382 + 200$$

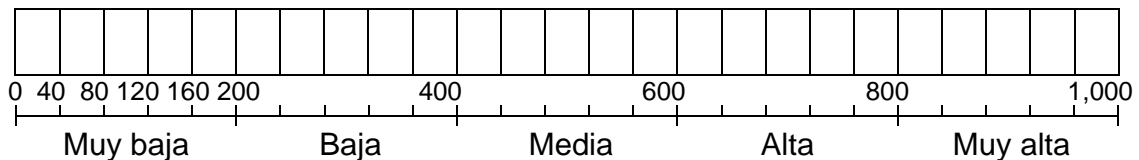
Marginación alta:

$$I.M.REAL = [(I.M.M. - (-0.11325))] \times 100 / 1.16763 + 300$$

Marginación muy alta:

$$I.M.REAL = [(I.M.M. - 1.05438) \times 100 / 2.33526] + 400$$

Regla de correlación para la población:



Amplitud del subintervalo de  $G.M._i$  → 1  
 $Pob. M._i - L.INF.P._i$  →  $Pob.REAL$

De donde:

$$\text{Pob.}_{\text{REAL}} = (\text{Pob.}_{\text{M.}i} - \text{L.}_{\text{INF.}P.i}) / \text{Amplitud del subintervalo de G.}_{\text{M.}i}$$

$\text{Pob.}_{\text{REAL}}$  = Población real del municipio considerado

$\text{Pob.}_{\text{M.}i}$  = Población del municipio de grado de marginación  $i$

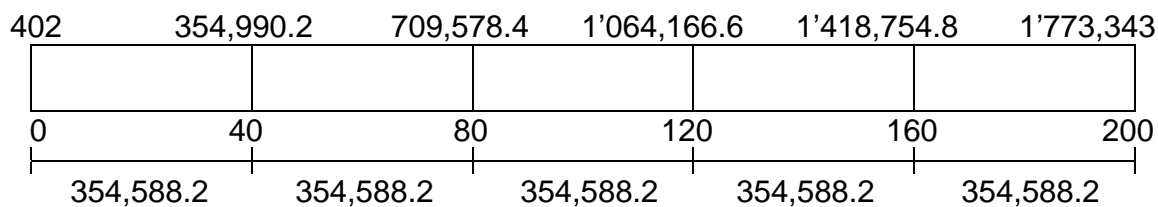
$\text{L.}_{\text{INF.}P.i}$  = Límite Inferior de la Población del grado de marginación  $i$

Amplitud del subintervalo de  $\text{G.}_{\text{M.}i}$  = Amplitud del subintervalo según el grado de marginación

$i$  = Marginación muy baja, baja, media, alta, muy alta

Así, para cada grado de marginación, la regla de correlación correspondiente será:

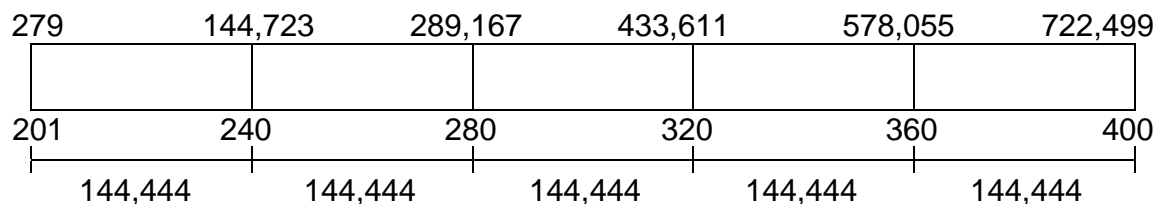
Marginación muy baja:



$$\begin{array}{l} 8,864.71 \longrightarrow 1 \\ \text{Pob.}_{\text{M.}} - 402 \longrightarrow \text{Pob.}_{\text{REAL}} \end{array}$$

$$\text{Pob.}_{\text{REAL}} = (\text{Pob.}_{\text{M.}} - 402) / 8,864.71$$

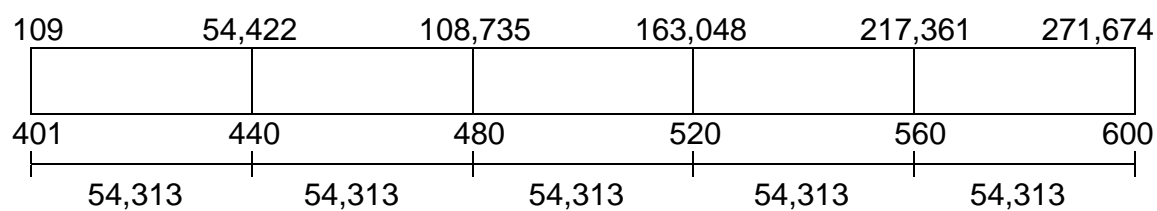
Marginación baja:



$$\begin{array}{l} 3,611.10 \longrightarrow 1 \\ \text{Pob.M.} - 279 \longrightarrow \text{Pob.REAL} \end{array}$$

$$\text{Pob.REAL} = [(\text{Pob.M.} - 279)/3,611.10] + 200$$

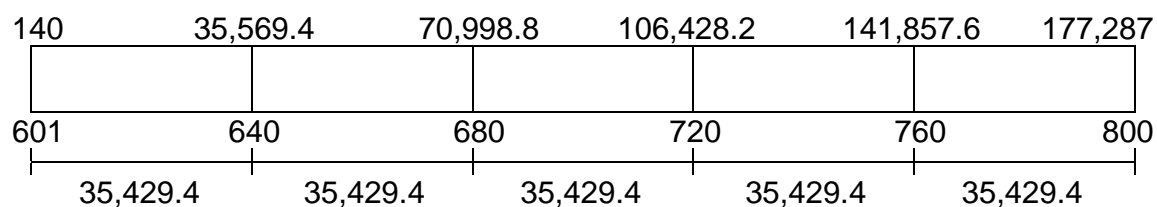
Marginación media:



$$\begin{array}{l} 1,357.83 \longrightarrow 1 \\ \text{Pob.M.} - 109 \longrightarrow \text{Pob.REAL} \end{array}$$

$$\text{Pob.REAL} = [(\text{Pob.M.} - 109)/1,357.83] + 400$$

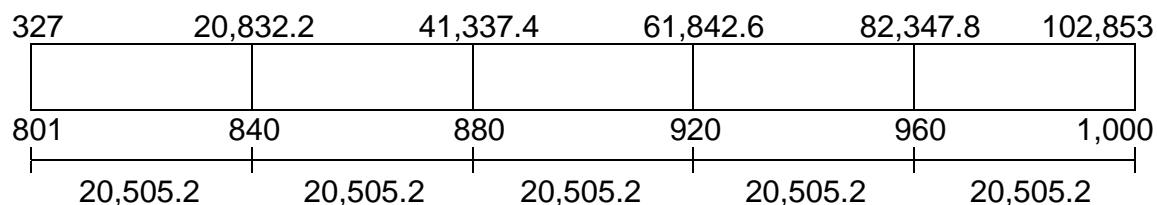
Marginación alta:



$$\begin{array}{l} 885.74 \longrightarrow 1 \\ \text{Pob.M.} - 140 \longrightarrow \text{Pob.REAL} \end{array}$$

$$\text{Pob.REAL} = [(\text{Pob.M.} - 140)/885.74] + 600$$

Marginación muy alta:



$$\begin{array}{l} 512.63 \longrightarrow 1 \\ \text{Pob.M.} - 327 \longrightarrow \text{Pob.REAL} \end{array}$$

$$\text{Pob.REAL} = [(\text{Pob.M.} - 327)/512.63] + 800$$

Aplicando las expresiones correspondientes, según el índice y grado de marginación y la población respectiva, a los municipios de la **Región Costa**, se obtienen los siguientes resultados:

Municipio: Aquila  
Índice de marginación: 1.43585  
Población: 22,152 habitantes  
Grado de marginación: Muy alto

$$\text{I.M.REAL} = [(1.43585 - 1.05438) \times 100/2.33526] + 400 = 416.34$$

$$\text{Pob.REAL} = [(22,152 - 327)/512.63] + 800 = 842.57$$

Municipio: Arteaga  
Índice de marginación: 0.37758  
Población: 23,386 habitantes  
Grado de marginación: Alto

$$\text{I.M.REAL} = [(0.37758 + 0.11325) \times 100/1.16763] + 300 = 342.04$$

$$\text{Pob.REAL} = [(23,386 - 140)/885.74] + 600 = 626.24$$



Municipio: Coahuayana  
Índice de marginación: -0.45094  
Población: 13,974 habitantes  
Grado de marginación: Medio

$$I.M._{REAL} = [(-0.45094 + 0.69707) \times 100 / 0.58382] + 200 = 242.16$$

$$Pob._{REAL} = [(13,974 - 109) / 1,357.83] + 400 = 410.21$$

Municipio: Coalcomán de Vázquez Pallares  
Índice de marginación: 0.05921  
Población: 21,706 habitantes  
Grado de marginación: Alto

$$I.M._{REAL} = [(0.05921 + 0.11325) \times 100 / 1.16763] + 300 = 314.77$$

$$Pob._{REAL} = [(21,706 - 140) / 885.74] + 600 = 624.35$$

Municipio: Chinicuilá  
Índice de marginación: 0.81411  
Población: 6,870 habitantes  
Grado de marginación: Alto

$$I.M._{REAL} = [(0.81411 + 0.11325) \times 100 / 1.16763] + 300 = 379.42$$

$$Pob._{REAL} = [(6,870 - 140) / 885.74] + 600 = 607.60$$

Municipio: Lázaro Cárdenas  
Índice de marginación: -1.34651  
Población: 171,100 habitantes  
Grado de marginación: Muy bajo

$$I.M._{REAL} = [(-1.34651 + 2.44852) \times 100] / 1.16764 = 94.38$$

$$Pob._{REAL} = (171,100 - 402) / 8,864.71 = 19.26$$

Municipio: Tumbiscatío  
Índice de marginación: 1.09583  
Población: 10,153 habitantes  
Grado de marginación: Muy alto

$$I.M._{REAL} = [(1.09583 - 1.05438) \times 100 / 2.33526] + 400 = 401.77$$

$$Pob._{REAL} = [(10,153 - 327) / 512.63] + 800 = 819.17$$

Las reglas de correlación anteriores proporcionan indicadores de marginación y de población representativos si se analizan las siguientes situaciones:

A mayor índice de marginación y mayor población de un municipio sobre otro, el primero tendrá preferencia en los dos aspectos ya que en las reglas de correlación del  $I.M._{REAL}$  y  $Pob._{REAL}$  sus resultados serán mayores; en tanto que en una situación inversa serán opuestos. Sin embargo, pueden existir casos en que el índice de marginación de un municipio sea menor que el de otro, y el primero tenga una población mayor que el segundo. En estos casos ya no es sencillo decidir qué municipio es prioritario, porque cada regla de correlación indica una prioridad por separado. Por esta razón es necesario determinar una relación que permita obtener un resultado único que indique la prioridad detectada de los caminos de los diferentes municipios para recibir acciones de conservación o mejoramiento. Esta relación es la siguiente:

$$\text{Prioridadrealdelmunicipio} = I.M._{REAL} \times Pob._{REAL}$$

En dicha expresión está presente el peso de cada regla de correlación; y el resultado es un valor jerárquico (producto ponderado). Finalmente, se pueden comparar los resultados de cada municipio, ordenarlos de mayor a menor, y determinar la prioridad de cada uno de ellos.

Los resultados respectivos para los municipios de los ejemplos anteriores son:

Municipio: Aquila

$$\text{Prioridadrealdelmunicipio} = 416.34 \times 842.57 = 350,795.59$$

Municipio: Arteaga

$$\text{Prioridadrealdelmunicipio} = 342.04 \times 626.24 = 214,199.13$$

Municipio: Coahuayana

$$\text{Prioridad real del municipio} = 242.16 \times 410.21 = 99,336.45$$

Municipio: Coalcomán de Vázquez Pallares

$$\text{Prioridad real del municipio} = 314.77 \times 624.35 = 196,526.65$$

Municipio: Chinicuilá

$$\text{Prioridad real del municipio} = 379.42 \times 607.60 = 230,535.59$$

Municipio: Lázaro Cárdenas

$$\text{Prioridad real del municipio} = 94.38 \times 19.26 = 1,817.76$$

Si se hacen algunas comparaciones entre estos municipios, se nota que:

El municipio de Tumbiscatío tiene un índice de marginación de 1.09583, y una población de 10,153 habitantes; un indicador en cuanto al I.M.<sub>REAL</sub> de 401.77, y un indicador de Pob.<sub>REAL</sub> de 819.17.

El municipio de Aquila tiene un índice de marginación de 1.43585 y una población de 22,152 habitantes; un indicador en cuanto al I.M.<sub>REAL</sub> de 416.34, y un indicador de Pob.<sub>REAL</sub> de 842.57.

Los resultados se presentan en forma tabular, de la siguiente manera:

Municipio	I.M.M.	Pob.M.	I.M. <sub>REAL</sub>	Pob. <sub>REAL</sub>
Tumbiscatío	1.09583	10,153	401.77	819.17
Aquila	1.43585	22,152	416.34	842.57

El municipio de Aquila muestra un índice de marginación y una población mayor al de Tumbiscatío. Obviamente, en las dos reglas de correlación, sus valores son también superiores respectivamente.

En este caso no existe duda de que al realizar el producto ponderado del I.M.<sub>REAL</sub> x Pob.<sub>REAL</sub> para cada municipio, el de Aquila tiene prioridad para que a sus caminos se les proporcionen acciones de conservación o mejoramiento, ya que su valor jerárquico sobrepasa el del municipio de Tumbiscatío.

Analizando los municipios de Chinicuila y Arteaga, se observa que Arteaga tiene mucho menor índice de marginación que Chinicuila, pero a la vez una población mucho mayor. Igual que en el caso anterior, al analizar por separado su respectivo I.M.<sub>REAL</sub> y Pob.<sub>REAL</sub>, se ve que el I.M.<sub>REAL</sub> de Arteaga es menor que el de Chinicuila, aunque la Pob.<sub>REAL</sub> de Arteaga es mayor que la de Chinicuila. Como se ha podido observar, no es factible tomar una decisión considerando cada indicador por separado. Es por ello que el valor jerárquico favorece a Chinicuila. En este caso, el factor determinante para otorgarle prioridad al municipio de Chinicuila ha sido su índice de marginación.

Municipio	I.M.M.	Pob.M.	I.M. <sub>REAL</sub>	Pob. <sub>REAL</sub>
Chinicuila	0.81411	6,870	379.42	607.60
Arteaga	0.37758	23,386	342.04	626.24

Esta forma de evaluar la prioridad de un municipio sobre otro resulta más adecuada al relacionar los dos indicadores, y proporciona resultados más reales que permitirán tomar mejores decisiones.

Siguiendo con este análisis se procede a comparar los municipios de Coahuayana y Lázaro Cárdenas. Al igual que en el caso anterior, se observa que el municipio de Lázaro Cárdenas presenta un índice de marginación bastante menor y una población mucho mayor que el municipio de Coahuayana. Asimismo, Lázaro Cárdenas tiene un I.M.<sub>REAL</sub> y una Pob.<sub>REAL</sub> mucho menores que Coahuayana. En este caso el factor determinante para darle prioridad al municipio de Coahuayana ha sido, al igual que en el caso anterior, su índice de marginación.

Municipio	I.M.M.	Pob.M.	I.M. <sub>REAL</sub>	Pob. <sub>REAL</sub>
Coahuayana	-0.45094	13,974	242.16	410.21
Lázaro Cárdenas	-1.34651	171,100	94.38	19.26

Finalmente, aunque la diferencia de población es bastante entre Lázaro Cárdenas y los demás municipios, lo que determina la prioridad de los últimos sobre el primero es su mayor índice de marginación. El valor jerárquico de cada uno muestra claramente esta afirmación.

Ordenando de mayor a menor los resultados anteriores, la prioridad para atender la conservación o el mejoramiento de los caminos de estos municipios es como sigue:

Orden de prioridad	Municipio	Valor jerárquico
1	Aguila	350,795.59
2	Tumbiscatío	329,117.93
3	Chinicuila	230,535.59
4	Arteaga	214,199.13
5	Coalcomán de Vázquez Pallares	196,526.65
6	Coahuayana	99,336.45
7	Lázaro Cárdenas	1,817.76



## 4 Aplicación de la segunda fase de la metodología

---

Una vez determinada la prioridad que tienen los municipios de la **Región Costa** de contar con una mejor infraestructura de caminos (primera fase de la metodología), en la segunda fase se lleva a cabo una adaptación del método ELECTRA (Roy, 1985), para determinar la preferencia que tienen las redes de caminos a evaluar de recibir acciones de conservación o mejoramiento. El análisis de este estudio se hizo para cuatro redes de caminos.

El sistema propuesto es un algoritmo elaborado con el criterio múltiple de evaluación, desarrollado por la Universidad de París IX-Dauphine en los años 80, que permite la explotación de relaciones binarias de sobreclasificación en las condiciones más difíciles para la toma de decisiones: múltiples puntos de vista; imposible o no deseable explicitación de la importancia relativa de cada punto de vista; imprecisión e incertidumbre en la calificación de los proyectos con los criterios adoptados. Es un método de tipo cualitativo, ya que no se exige que la importancia relativa de sus diferentes componentes sea sumamente explícita. Sin embargo, proporciona una buena confiabilidad de los resultados obtenidos. El análisis deberá complementarse con aspectos de tipo técnico, de integración económica, así como el criterio político-administrativo. En este trabajo, únicamente se consideran los criterios que inciden en la evaluación de carácter social.

Este método también se conoce como **ELECTRA** (versión I), y su característica principal es que reduce la cantidad de soluciones preferidas, estrictamente sobre el resto, conforme cierto grado de disparidad aceptada en la relación de predominio de una alternativa sobre otra. En este sentido, se propondrán seis criterios que apoyen el desarrollo social regional de algunas localidades de la **Región Costa**. A cada uno de los criterios considerados se le asigna un peso **w**. Este peso tiene un intervalo de confianza, de acuerdo con el algoritmo desarrollado por la Universidad de París IX-Dauphine, que va de 1.0 a 2.0. Los criterios a considerar se muestran en el cuadro 3.

### 4.1 Métrica para los criterios y variables considerados

Una vez que se hayan determinado los pesos, se calificarán subjetivamente todos y cada uno de los aspectos que se hagan intervenir en los criterios mencionados, estableciendo para ello una escala de valores de 1.0 a 9.0, asignando la mayor calificación a aquellos proyectos que a juicio del evaluador sean prioritarios, haciendo decrecer ésta en la medida en que los proyectos sean menos importantes.

Los seis cuadros siguientes al número 3 (A.I.1; A.I.2; A.II.3; A.III.4; A.IV.5 y A.V.6), los cuáles contemplan aspectos del desarrollo regional, muestran la escala de valores que deben tomarse en cuenta en cada uno de los aspectos involucrados en los criterios seleccionados.

**Cuadro 3**  
**Criterios y calificación (pesos “w”) considerados**

CRITERIO				PONDERACIÓN
A.I.1.	A. Desarrollo	I. Ordenamiento territorial	1. Localidades que une la red de caminos	1.4
A.I.2			2. Población beneficiada directamente por la conservación o mejoramiento de la red de caminos	1.7
A.II.3		II. Acceso a recursos naturales	3. Las localidades de la red de caminos tienen acceso al agua, como recurso natural	2.0
A.III.4		III. Integración de mercados intrarregionales	4. Conexión de la red con diferentes tipos de caminos	2.0
A.IV.5		IV. Vinculación interregional	5. Conexión de la red con diferentes tipos de caminos	2.0
A.V.6		V. Desarrollo social regional	6. Población beneficiada por la conservación o mejoramiento de la red de caminos en el área de influencia	1.7

Desarrollo regional	Calificación		Relevancia sectorial del proyecto
	Fuerte	Débil	
A.I.1	9.00		La red de caminos une:
Ordenamiento territorial	8.50	8.00	18 localidades o más
	7.50	7.00	Entre 16 y 17 localidades
	6.50	6.00	Entre 14 y 15 localidades
	5.50	5.00	Entre 12 y 13 localidades
	4.50	4.00	Entre 10 y 11 localidades
	3.50	3.00	Entre 8 y 9 localidades
	2.50	2.00	Entre 6 y 7 localidades
	1.50	1.00	Entre 4 y 5 localidades
			Entre 2 y 3 localidades

A.I.2

Calificación	
Fuerte	Débil
9.00	8.01
8.00	7.01
7.00	6.01
6.00	5.01
5.00	4.01
4.00	3.01
3.00	2.01
2.00	1.00

La red de caminos beneficia directamente a los habitantes:  
 Más de 25,000 habitantes  
 Entre 15,001 y 25,000 habitantes  
 Entre 10,001 y 15,000 habitantes  
 Entre 8,001 y 10,000 habitantes  
 Entre 6,001 y 8,000 habitantes  
 Entre 4,001 y 6,000 habitantes  
 Entre 2,001 y 4,000 habitantes  
 Entre 140 y 2,000 habitantes

A.II.3

Acceso a recursos naturales

Calificación	
Fuerte	Débil
6.00	5.00
4.00	3.00
2.00	1.00

Disponibilidad del agua como recurso natural

Río-arroyo perenne  
 Presa o bordo  
 Río-arroyo intermitente

Laguna perenne  
 Distrito de riego  
 Laguna intermitente

A.III.4

Integración de mercados intrarregionales

Conexión con diferentes tipos de caminos

Calificación			
Fuerte	Débil		
9.00	8.10	FEDERAL: de cuota dividida	De cuota no div.
8.00	7.10	Libre dividida	Libre no div.
7.00	6.10	Pavimentada, y núm. de carr.	Revestida
6.00	5.10	ESTATAL: de cuota dividida	De cuota no div.
5.00	4.10	Libre dividida	Libre no div.
4.00	3.10	Pavimentada, y núm. de carr.	Revestida
3.00	2.10	OTROS CAMINOS: Pavimentada	Revestida
2.00	1.00	Terracería	Brecha

A.IV.5

Vinculación interregional

Conexión con diferentes tipos de caminos

Calificación			
Fuerte	Débil		
9.00	8.10	FEDERAL: de cuota dividida	De cuota no div.
8.00	7.10	Libre dividida	Libre no div.
7.00	6.10	Pavimentada, y núm. de carr.	Revestida
6.00	5.10	ESTATAL: de cuota dividida	De cuota no div.
5.00	4.10	Libre dividida	Libre no div.
4.00	3.10	Pavimentada, y núm. de carr.	Revestida
3.00	2.10	OTROS CAMINOS: Pavimentada	Revestida
2.00	1.00	Terracería	Brecha



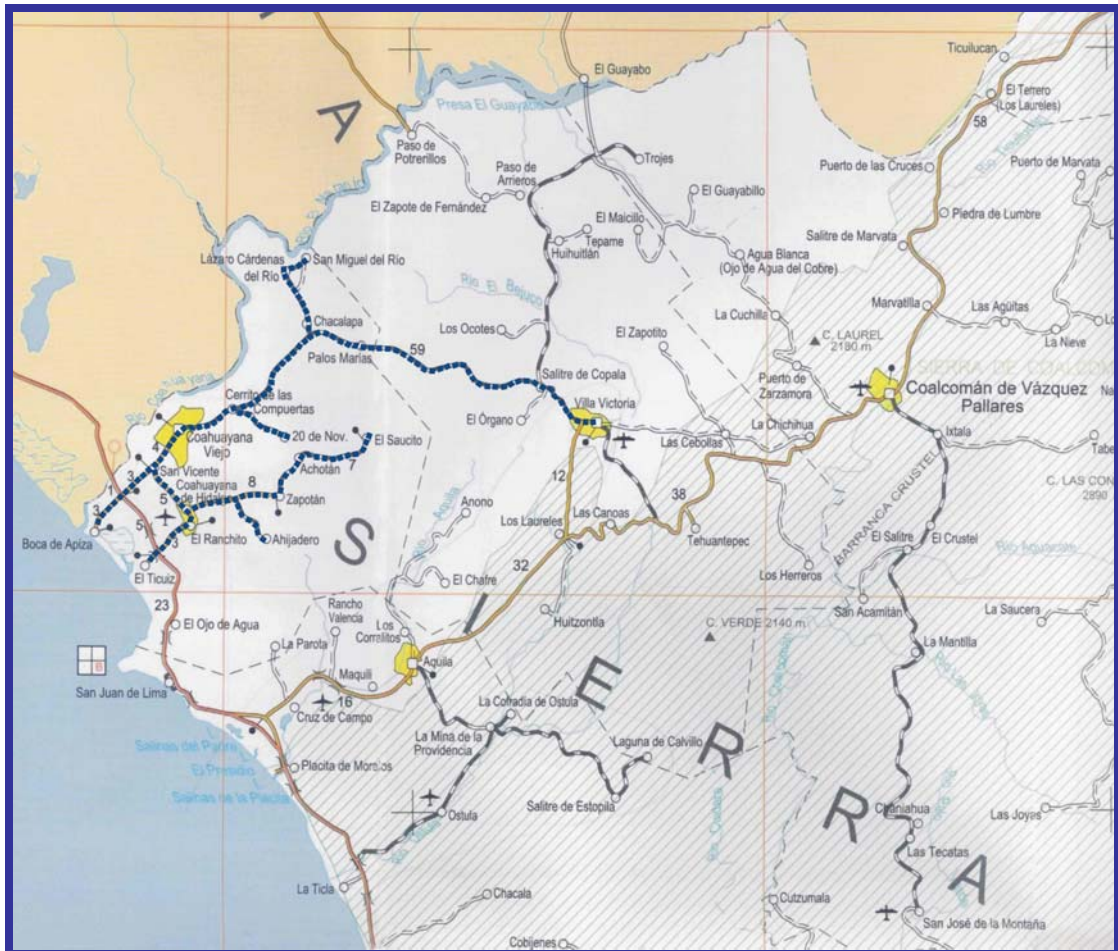
A.V.6	Población beneficiada por la conservación o el mejoramiento de la red de caminos	
Desarrollo	en el área de influencia	
social regional	<b>Calificación</b>	<b>Camino</b>
	9.00	> 6,300 habitantes
	8.00	6,300 habitantes
	7.00	5,450 habitantes
	6.00	4,700 habitantes
	5.00	3,950 habitantes
	4.00	3,154 habitantes
	3.00	812 habitantes
	2.00	214 habitantes
	1.00	131 habitantes

Una vez determinados los valores de los pesos de los criterios a ser considerados en la metodología multicriterio, se proporciona la información necesaria para llevar a cabo el proceso de cálculo.

Para su correcta aplicación será importante definir sus diferentes etapas, las cuáles son:

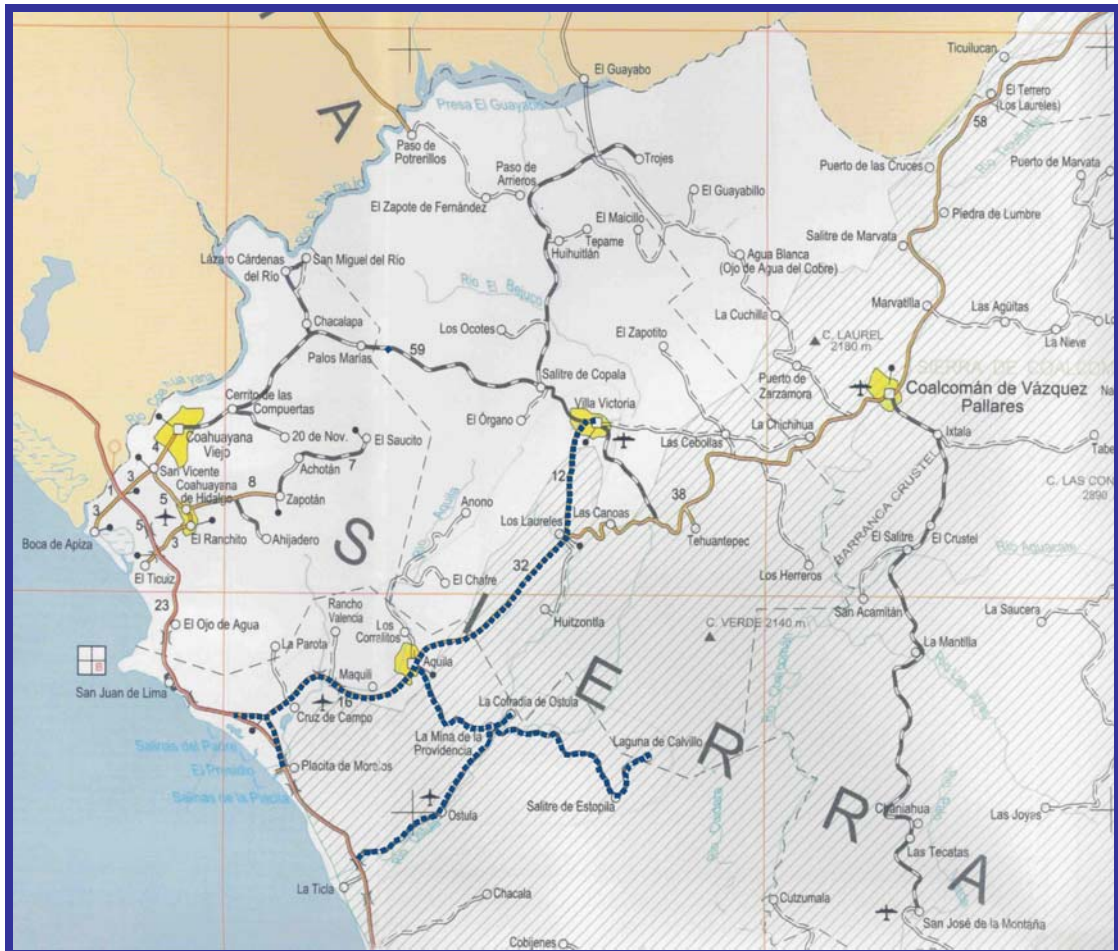
- Identificación del conjunto de alternativas (redes de caminos consideradas para recibir acciones de conservación o mejoramiento)
- Establecimiento de una matriz de impacto (retícula de calificaciones de las redes de caminos), conteniendo los criterios y aspectos involucrados en el estudio
- Determinación de las matrices de concordancia y discordancia que permitan seleccionar aquellas alternativas viables
- Clasificación y ordenamiento de alternativas

En las figuras 11, 12, 13 y 14 se muestra la localización de cada una de las redes de caminos consideradas para este trabajo, y las localidades que unen. Asimismo, se presenta el nivel de accesibilidad con que cuentan, los recursos naturales, y la forma en que se interconectan con otros caminos.



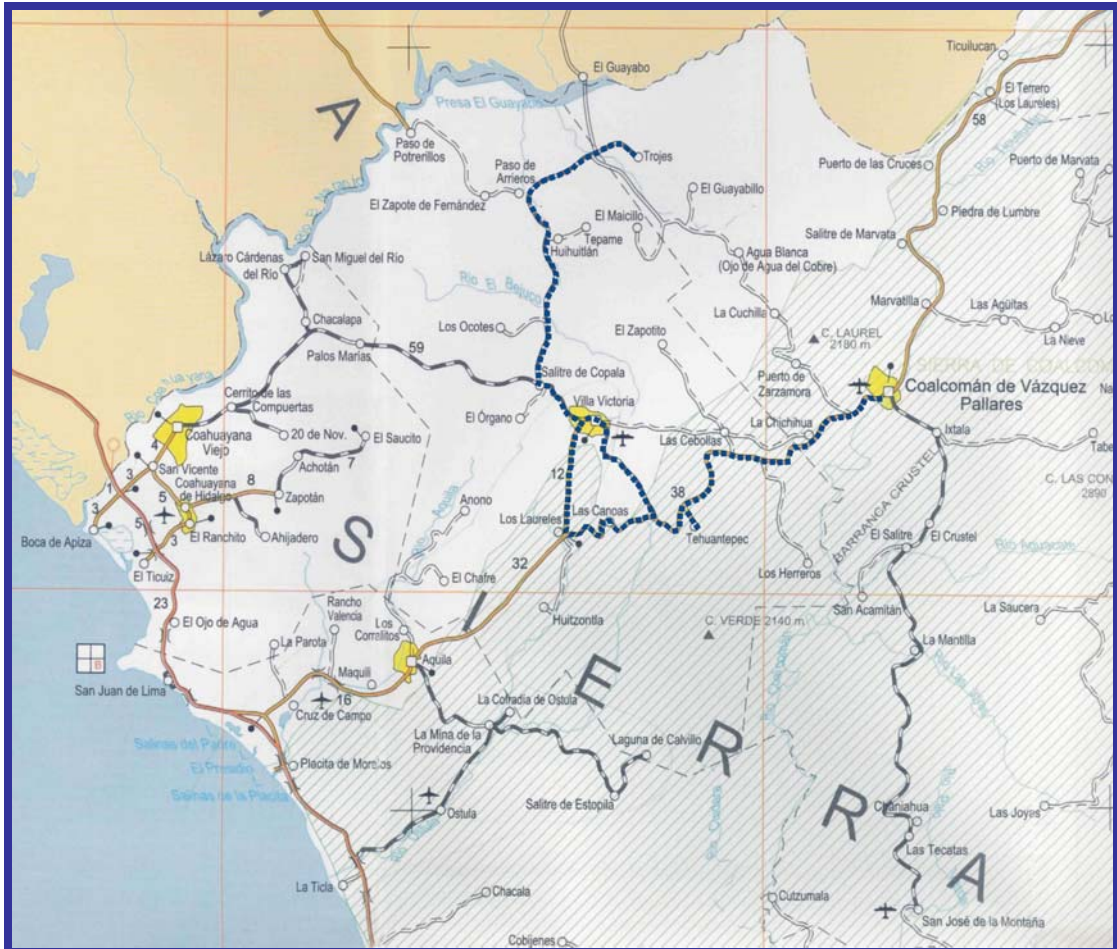
Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Atlas de Comunicaciones y Transportes del Estado de Michoacán, México, 2006

**Figura 11**  
**Red de caminos 1**  
**(municipios de Coahuayana y Chinicuila)**



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Atlas de Comunicaciones y Transportes del Estado de Michoacán, México, 2006

**Figura 12**  
**Red de caminos 2**  
**(municipios de Aquila y Chinicuilá)**



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes; Atlas de Comunicaciones y Transportes del Estado de Michoacán, México, 2006

**Figura 13**  
**Red de caminos 3**  
**(municipios de Coalcomán de Vázquez Pallares y Chinicuilá)**



## 4.2 Población de los municipios que comprenden las cuatro redes de caminos por evaluar

El cuadro 4 muestra la información sobre la población de los diferentes municipios que alojan cada una de las cuatro redes de caminos.

**Cuadro 4**  
**Población municipal**

Caminos	Municipios	Pob. Mun. 2000
1ra red	Coahuayana	13,974 hab
	Chinicuila	6,870 hab
2da red	Aquila	22,152 hab
	Chinicuila	6,870 hab
3ra red	Coalcomán de Vázquez Pallares	21,706 hab
	Chinicuila	6,870 hab
4a red	Coalcomán de Vázquez Pallares	21,706 hab
	Chinicuila	6,870 hab

Fuente: Elaboración personal a partir de datos de <http://www.conapo.gob.mx>, y estimaciones de CONAPO con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000

## 4.3 Identificación de las localidades dentro de la zona de influencia de las redes de caminos, y su población beneficiada

Como parte del proceso metodológico se procedió a identificar aquellas localidades beneficiadas por la conservación o mejoramiento de las redes de caminos, estimándose la población de las mismas en forma directa por el proyecto considerado.

En el cuadro 5 se consigna información sobre las localidades comunicadas directamente, y la población beneficiada.

**Cuadro 5**  
**Localidades comunicadas y población beneficiada directamente**

Redes	Localidad	Municipio	Pob. Loc.2000
1ra red	Boca de Apiza	Coahuayana	380 hab
	San Vicente	Coahuayana	396 hab
	Coahuayana de Hidalgo	Coahuayana	6,672 hab
	Coahuayana Viejo	Coahuayana	2,419 hab
	El Ranchito	Coahuayana	9 hab
	El Ticuiz	Coahuayana	446 hab
	El Ahijadero	Coahuayana	103 hab
	Zapotán	Coahuayana	460 hab
	Achotán	Coahuayana	213 hab
	El Saucito	Coahuayana	54 hab
	Cerrito de las Compuertas	Coahuayana	48 hab
	20 de Noviembre	Coahuayana	794 hab
	Chacalapa	Coahuayana	78 hab
	Lázaro Cárdenas del Río	Coahuayana	93 hab
	San Miguel del Río	Coahuayana	84 hab
	Palos Marías	Coahuayana	438 hab
	Salitre de Copala	Chinicuila	143 hab
	Villa Victoria	Chinicuila	999 hab
		<b>13,829 hab</b>	
2da red	Aquila	Aquila	1,688 hab
	La Mina de la Providencia	Aquila	229 hab
	La Cofradía de Ostula	Aquila	422 hab
	Salitre de Estopila	Aquila	161 hab
	Laguna de Calvillo	Chinicuila	31 hab
	Ostula	Aquila	773 hab
	Los Laureles	Chinicuila	20 hab
	Villa Victoria	Chinicuila	999 hab
		<b>4,323 hab</b>	
3ra red	Coalcomán de Vázquez Pallares	Coalcomán de Vázquez Pallares	10,439 hab
	La Chichihua	Coalcomán de Vázquez Pallares	62 hab
	Tehuantepec	Chinicuila	384 hab
	Las Canoas	Chinicuila	30 hab
	Los Laureles	Chinicuila	20 hab
	Villa Victoria	Chinicuila	999 hab
	Salitre de Copala	Chinicuila	143 hab
	Trojes	Coalcomán de Vázquez Pallares	794 hab
		<b>12,871 hab</b>	
4a red	Coalcomán de Vázquez Pallares	Coalcomán de Vázquez Pallares	10,439 hab
	La Chichihua	Coalcomán de Vázquez Pallares	62 hab
	Tehuantepec	Chinicuila	384 hab
	Las Canoas	Chinicuila	30 hab
	Los Laureles	Chinicuila	20 hab
	Villa Victoria	Chinicuila	999 hab
	Ixtala	Coalcomán de Vázquez Pallares	32 hab
	El Crustel	Coalcomán de Vázquez Pallares	34 hab
	El Salitre	Coalcomán de Vázquez Pallares	23 hab
	La Mantilla	Coalcomán de Vázquez Pallares	50 hab
	Chaniahua	Coalcomán de Vázquez Pallares	28 hab
	Las Tecatas	Coalcomán de Vázquez Pallares	13 hab
	San José de la Montaña	Coalcomán de Vázquez Pallares	125 hab
			<b>12,239 hab</b>

Fuente: Elaboración personal a partir de datos de <http://www.conapo.gob.mx>, y estimaciones de CONAPO con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000

De manera semejante se procedió a identificar las localidades en el área de influencia de las redes de caminos, y que no se localizan sobre el trazo de las mismas. En el cuadro 6 se muestra la información relativa a las localidades fuera del trazo de las redes, pero dentro de la zona de influencia de éstas, así como la población beneficiada por su conservación o mejoramiento.

**Cuadro 6**  
**Localidades beneficiadas indirectamente dentro del área de influencia de las redes y su población**

Redes	Localidad	Municipio	Pob. Loc. 2000
1ra red	El Órgano	Chinicuila	61 hab
	Los Ocotes	Chinicuila	70 hab
			131 hab
2da red	La Ticla	Aquila	518 hab
	Placita de Morelos	Aquila	1,548 hab
	Cruz de Campos	Aquila	63 hab
	La Parota	Aquila	41 hab
	Maquili	Aquila	323 hab
	Rancho Valencia	Aquila	35 hab
	Los Corralitos	Aquila	52 hab
	El Chafre	Chinicuila	56 hab
	Huitzontla	Chinicuila	284 hab
	Las Canoas	Chinicuila	30 hab
	El Órgano	Chinicuila	61 hab
	Salitre de Copala	Chinicuila	143 hab
			3,154 hab
3ra red	Ixtala	Coacomán de Vázquez Pallares	32 hab
	Las Cebollas	Chinicuila	47 hab
	El Órgano	Chinicuila	61 hab
	Los Ocotes	Chinicuila	70 hab
	Huihuatlán	Chinicuila	228 hab
	Tepame	Chinicuila	85 hab
	Paso de Arrieros	Chinicuila	246 hab
	El Zapote de Fernández	Chinicuila	43 hab
			812 hab
4a red	Salitre de Copala	Chinicuila	143 hab
	Las Cebollas	Chinicuila	47 hab
	San Acamitán	Coacomán de Vázquez Pallares	24 hab
			214 hab

Fuente: Elaboración personal a partir de datos de <http://www.conapo.gob.mx>, y estimaciones de CONAPO con base en el XII Censo General de Población y Vivienda, 2000



## **4.4 Integración de la retícula de calificaciones para cada una de las redes de caminos**

Las redes a evaluar son las que se mostraron en las figuras 11, 12 13 y 14. Se considera un tramo común (Coalcomán de Vázquez Pallares – Las Canoas – Villa Victoria – Los Laureles) para las redes (3) y (4), comprendidas en los municipios de Coalcomán de Vázquez Pallares y Chinicuila:

Redes a evaluar y los municipios a los que pertenecen:

- (1) Coahuayana-Chinicuila
- (2) Aquila-Chinicuila
- (3) Coalcomán de Vázquez Pallares-Chinicuila
- (4) Coalcomán de Vázquez Pallares-Chinicuila

De acuerdo con los criterios establecidos, el primer paso a seguir es asignar los pesos que tendrá cada una de estas redes de caminos para recibir acciones de conservación o mejoramiento.

Se ha considerado un valor de 2.00 para la integración de mercados intrarregionales, la vinculación interregional y el acceso a recursos naturales, pues como ya se ha mencionado son los aspectos más importantes del estudio. A la población beneficiada directa e indirectamente por la conservación o mejoramiento de la red de caminos se le ha asignado un peso de 1.70, ya que se considera como el elemento que sigue en importancia de acuerdo con el objetivo de este trabajo, y por último, a las localidades que une la red de caminos se estima conveniente asignarle una importancia de 1.40.

Como segundo paso, se construyen las retículas de calificaciones para cada una de las redes de caminos. Se toma como base la escala de valores de los aspectos involucrados en los criterios establecidos al inicio de la segunda fase de esta metodología.

La primera red en recibir acciones de conservación o mejoramiento es la segunda que conecta principalmente Villa Victoria con la carretera no. 200, debido a que pertenece a municipios con grado de marginación muy alto (Aquila) y alto (Chinicuila), y es el aspecto principal que se está considerando en este estudio.

La última red en ser atendida será la primera, cuyo tramo principal va de Boca de Apiza a Villa Victoria. Esta red será la última en recibir acciones de conservación o mejoramiento debido a que está inmersa dentro de municipios con grado de marginación alto (Chinicuila) y medio (Coahuayana).

Por lo tanto, las alternativas a evaluar con el método matricial de preferencias variables propuesto (Electra 1) serán las redes 3 y 4, que son redes comprendidas dentro de los municipios de Coacomán de Vázquez Pallares y Chinicuila y que tienen un grado de marginación semejante (alto). La red no. 3 une principalmente las localidades de Coacomán de Vázquez Pallares – Los Laureles – Trojes y la red no. 4 está conformada fundamentalmente por el ramal Coacomán de Vázquez Pallares – Los Laureles – San José de la Montaña.

La retícula de calificaciones para las redes de caminos consideradas, es la siguiente:

Criterio	Peso	Redes a evaluar	
		3	4
A. I.1	1.40	4.00	6.50
A.I.2	1.70	7.44	7.12
A.II.3	2.00	6.00	6.00
A.III.4	2.00	4.10	4.10
A.IV.5	2.00	4.10	4.10
A.V.6	1.70	3.00	2.00
	10.80		

Para el criterio A.I.1 se asigna una calificación, de fuerte o débil, dependiendo del número de localidades que une la red. Por ejemplo, para la cuarta red se atribuye una calificación de 6.50, ya que une trece localidades; si vinculara siete, tendría 3.50.

En el segundo criterio se tomó como punto de referencia mínimo 140 habitantes, por ser el municipio con menor número de pobladores a nivel nacional con grado de marginación **ALTO**, dado que estas redes (3 y 4) pertenecen a municipios con ese grado de marginación. Para el caso de la red no. 1 el punto de referencia mínimo sería también de 140 habitantes, ya que de los dos municipios dentro de los cuales está comprendida la red (Coahuayana y Chinicuila) el de mayor marginación es Chinicuila que tiene un grado de marginación **ALTO**. En el caso de la red no. 2 el punto de referencia mínimo sería 327 habitantes, por ser el municipio con menor número de pobladores a nivel nacional con grado de marginación **MUY ALTO**, y que de los dos municipios dentro de los cuales está inmersa esta red (Aquila y Chinicuila) el de mayor grado de marginación es Aquila que tiene precisamente ese mismo grado de marginación.

Considerando la alta dispersión de población en las localidades a nivel nacional se propusieron los intervalos, en número de habitantes, a los que beneficia directamente la conservación o el mejoramiento de las redes, y que se piensa pueden ser los más representativos para el caso de México.

La muestra puede verse con los siguientes números: 99 municipios de los 906 de marginación alta a nivel nacional, tienen entre 10,000 y 15,000 habitantes, esto es el 10.93%; 117 municipios de los 906 tienen entre 15,000 y 25,000 pobladores, o sea el 12.91%; 98 municipios de los 906 registran entre 25,000 y 40,000 habitantes, lo que significa el 10.82%; y 77 municipios, dentro de este grado de marginación, con más de 40,000 habitantes, lo que representa el 8.50% del total. El resto de los municipios, que comprenden el 56.84%, señalan volúmenes menores a los 10,000 ciudadanos. Por esta razón se consideró que los intervalos anteriores son adecuados al caso del país. El comportamiento de los municipios que comprenden los demás grados de marginación es muy similar, debido a la alta dispersión de la población en el país.

Aquí lo que se hace es simplemente una interpolación lineal en cada intervalo. Así, la red con 140 pobladores beneficiados directamente tendrá una calificación de 1.00; y aquella con 2,000 habitantes, una calificación de 2.00. Para la tercera red, cuya población es de 12,871 individuos, le corresponderá 7.44 mediante la interpolación lineal aplicada.

Para ejemplificar esto, la regla de interpolación se muestra a continuación:

*Regla para la población de la red hasta 2,000 habitantes beneficiados directamente:*

1,860 → 1  
Población red - 140 → Calificación

$$\text{Calif.} = ((\text{Pob. red} - 140)/1,860) + 1.0$$

*Regla para la población de la red, de 2,001 habitantes beneficiados directamente en adelante:*

2,000 → 1  
Pob. red-2,000 → Calificación

$$\text{Calif.} = ((\text{Pob. red} - 2,000)/2,000) + 2.0$$

3ra red

$$\text{Calif.} = ((12,871 - 2,000)/2,000) + 2.0 = 7.44$$

4a red

$$\text{Calif.} = ((12,239 - 2,000)/2,000) + 2.0 = 7.12$$

Por lo que se refiere al acceso a recursos naturales (en este caso, al agua), la calificación de las redes será conforme al tipo de fuente de la cual dispongan las localidades que une la misma según se indica después del cuadro 3. En el caso de la tercera red, ésta se encuentra circundada por seis ríos perennes. Por lo tanto, le corresponde una calificación de 6.00.

La integración de mercados intrarregionales, así como la vinculación interregional se califica de la siguiente manera: una red a conservar o mejorar tendrá su respectiva calificación, fuerte o débil, dependiendo de la vía de comunicación principal con la que se integre. Así, por ejemplo, para la tercera red la cual se vincula con una carretera libre no dividida, tendrá una calificación de 4.10; si se uniera con un camino de terracería, alcanzaría 2.00.

En esta parte, la calificación se asigna de la siguiente manera: una red que reciba acciones de conservación o mejoramiento y que se una con una mejor vía de comunicación, se estará integrando a un centro urbano con una actividad comercial importante, generando a las localidades involucradas mayores beneficios, por contar los respectivos centros urbanos con mejores vialidades y una mayor actividad económica.

En el último criterio, lo que se hace es ordenar la población de mayor a menor de cada una de las redes, asignándole la calificación más baja a la vía que beneficie al menor número de ciudadanos en la zona de influencia, y la más alta a la que beneficie al mayor número de pobladores en la misma. A la cuarta red, que tiene 214 habitantes beneficiados en la zona de influencia, le correspondió una calificación de 2.0.

Una vez determinados los valores de los pesos de los criterios a ser considerados en la metodología multicriterio, se procede a definir los valores de los pares **(i,j)** de las matrices de índices de concordancia (valores acordes con los objetivos del proyecto) y de discordancia (valores menos acordes con los objetivos del proyecto), que permitan conocer los grados de dominación del proyecto; en nuestro caso, la prioridad de conservación o mejoramiento de una red sobre otra. Al hablar sobre valores acordes con los objetivos del proyecto se hace referencia a los criterios de desarrollo social regional (cuadro 3), establecidos al principio de la segunda fase de la metodología, que contribuirán a la integración de la población marginada de los municipios de la **Región Costa** con el resto del estado de Michoacán, y del país, mediante la conservación o el mejoramiento de las redes evaluadas en este estudio.

## 4.5 Construcción de las matrices de índices de concordancia y discordancia

La matriz de índices de concordancia se determina mediante los criterios establecidos en la Publicación Técnica No. 234 del IMT, *Metodología de evaluación social de proyectos de caminos rurales en México*. Únicamente se presentan las operaciones matriciales efectuadas.

A continuación se muestran estas operaciones para las redes 3 y 4, y su respectiva matriz de índices de concordancia.

	3 vs 4
I	0.00
II	1.70
III	1.00
IV	1.00
V	1.00
VI	1.70
	6.40

	4 vs 3
I	1.40
II	0.00
III	1.00
IV	1.00
V	1.00
VI	0.00
	4.40

### MATRIZ DE CONCORDANCIA

-----	0.593
0.407	-----

Determinación de la matriz de índices de discordancia

La matriz de índices de discordancia se determina también conforme a los criterios establecidos en la Publicación Técnica No. 234 del IMT y, al igual que en la matriz de índices de concordancia, únicamente se presentan las operaciones matriciales realizadas.

Enseguida, se presentan las operaciones para obtener la matriz de índices de discordancia de las redes 3 y 4.

	3 vs 4
I	2.50
II	0.00
III	0.00
IV	0.00
V	0.00
VI	0.00

	4 vs 3
I	0.00
II	0.32
III	0.00
IV	0.00
V	0.00
VI	1.00

**MATRIZ DE DISCORDANCIA**

-----	0.312
0.125	-----

## **4.6 Grado de dominación de las diferentes alternativas (preferencia de las redes evaluadas)**

Para determinar la dominación o el predominio de una red sobre otra, se utilizan las medianas de las matrices de concordancia y discordancia.

Para el caso de la matriz de índices de concordancia, se seleccionarán únicamente los valores de los pares ordenados **(i,j)** mayores o iguales a su mediana. En el caso de la matriz de índices de discordancia se eligen los valores de los pares ordenados **(i,j)** menores o iguales a su mediana.

La mediana para la matriz de índices de concordancia de las redes 3 y 4 es 0.500; y la mediana de su matriz de índices de discordancia, es 0.219.

Las celdas ocupadas simultáneamente en ambas matrices por los pares ordenados **(i,j)** que cumplen con los requerimientos anteriores, constituyen la información necesaria para establecer el grado de dominación o predominio de una alternativa de red de caminos sobre otra.

Como puede observarse en las matrices de índices de concordancia y discordancia, ninguno de los pares  $(i,j)$  cumple simultáneamente con ambas condiciones. Para determinar la preferencia de una alternativa sobre otra se recurre a los valores de los pares ordenados  $(i,j)$  y el que tenga una mayor concordancia (acuerdo) con los objetivos del proyecto y una menor discordancia (desacuerdo) con los objetivos del mismo será el que tenga prioridad sobre el otro.

En los pares ordenados  $(1,2)$  y  $(2,1)$  el 1 representa a la red no. 3 y el 2 a la red no. 4.

En la matriz de índices de concordancia el par ordenado  $(1,2)$  tiene un valor de 0.593 el cual es mayor al valor del par ordenado  $(2,1)$  que tiene un valor de 0.407. Por lo tanto, la preferencia la tiene el par ordenado  $(1,2)$ . Sin embargo, en la matriz de índices de discordancia el par ordenado  $(2,1)$  tiene un desacuerdo menor con los objetivos del proyecto ya que tiene un valor de 0.125, y el par ordenado  $(1,2)$  tiene un valor de 0.312, por lo que la preferencia la tiene el par ordenado  $(2,1)$ . De esta manera, la prioridad de una alternativa sobre la otra tiene que decidirse de otra forma.

Se recurre entonces a determinar que tan cercanos están los valores de los pares ordenados de ambas matrices a los valores de las medianas de las mismas.

En la matriz de índices de concordancia ambos pares ordenados están a 0.93 unidades de distancia de la media que es de 0.50. Pero, en la matriz de índices de discordancia el par ordenado (2,1) está alejado a 0.094 unidades de la media que es de 0.219 y el par ordenado (1,2) está más cercano a la media con un valor de 0.093. Por lo que, finalmente, la alternativa 3 tiene prioridad sobre la alternativa 4.

De tal manera, la cartera de proyectos queda constituida de la siguiente forma:

- (2) Villa Victoria (Chinicuila) - Carretera no. 200 (Aguila)
- (3) Coalcomán de Vázquez Pallares (Coalcomán de Vázquez Pallares) - Los Laureles (Chinicuila) - Trojes (Coalcomán de Vázquez Pallares)
- (4) Coalcomán de Vázquez Pallares (Coalcomán de Vázquez Pallares) - Los Laureles (Chinicuila) - San José de la Montaña (Coalcomán de Vázquez Pallares)
- (1) Boca de Apiza (Coahuayana) - Villa Victoria (Chinicuila)

## 4.7 Representación gráfica (núcleo o kernel)

El resultado que se obtuvo de las matrices se grafica. Esta gráfica recibe el nombre de núcleo o "kernel" y muestra el dominio (preferencia) que tiene la alternativa 3 sobre la 4.



La gráfica anterior muestra la preferencia de conservación o mejoramiento que tiene la alternativa 3 sobre la alternativa 4.

Este análisis debe complementarse con aspectos técnicos antes de la evaluación económica correspondiente, en el sentido de hacer intervenir el criterio de un evaluador con experiencia, que tome en consideración la longitud y costo de las redes de caminos.





## 5 Conclusiones

---

La realización de este trabajo ha permitido visualizar de una mejor manera la situación social que impera en el estado de Michoacán, así como las muchas necesidades que tienen sus municipios de contar con mejores servicios; entre ellos, la conservación y mejora de sus caminos, que es el factor hacia el cuál se dirigió la investigación.

La primera fase del estudio ha permitido determinar, con base en la marginación existente y la población que los habita, a qué municipios de la **Región Costa** sería conveniente destinar de manera prioritaria recursos económicos para la conservación o mejoramiento de sus redes de caminos. Es importante recordar que con la regla del producto ponderado establecida en esta fase de la metodología, en algunos casos el factor determinante para proporcionar servicios de conservación y mejoramiento a la infraestructura de caminos de un municipio será su población y, en otros, su índice de marginación. Sin embargo, los responsables de la toma de decisiones de las obras respectivas podrían contar con la identificación de las regiones dónde aplicar los recursos económicos disponibles. En este caso, únicamente tendrían que utilizar la segunda parte de la metodología para determinar el orden de prioridad de cada una de las redes para recibir acciones de conservación o mejoramiento.

El valor o peso de los criterios que se utilizan en la calificación de cada una de las variables (segunda fase de la metodología), puede cambiar de acuerdo con los rubros que se pretendan impulsar. En el estudio se consideraron como de mayor importancia los factores relacionados con la conexión que tiene la red de caminos a evaluar con otros caminos y el acceso que tiene la misma red a recursos naturales; enseguida la población beneficiada directa e indirectamente por la conservación o mejoramiento de la red de caminos, y con menor peso el número de localidades unidas por la red. No obstante, si las prioridades nacionales, estatales y/o municipales son distintas a las consignadas en el estudio, los pesos de los criterios podrán ser diferentes, conservando únicamente los límites establecidos en el método Electra 1; es decir, dichos pesos no podrán exceder el valor de 2.0.

En este estudio se evaluaron cuatro redes de caminos de municipios con distintos grados de marginación, a diferencia de la Publicación Técnica No. 234 del IMT que sólo incluyó el análisis para caminos con grado de marginación muy alto, lo que ha permitido realizar un desarrollo más completo de la metodología, y observar las diversas variantes que se presentan al momento de decidir la conservación o el mejoramiento de una red sobre otra.

Es importante remarcar que de acuerdo con el enfoque que se le ha dado al estudio de dar preferencia a los municipios y a las localidades más pobres, la metodología permite determinar la prioridad que tiene un(os) proyecto(s) de redes de caminos sobre otro(s) en una región, o entre regiones, considerando distintos grados de marginación.

Es importante mencionar que esta herramienta metodológica permite determinar no sólo el orden que tienen las redes de caminos para recibir acciones de conservación o mejoramiento, sino también priorizar la construcción de las mismas. En el presente trabajo se analizaron cuatro redes, estableciéndose la prioridad de cada una de ellas para recibir acciones de conservación o mejoramiento.

Es importante recordar que a este trabajo deben agregarse los estudios técnicos, económicos y ambientales correspondientes.

## 6 Bibliografía

---

1. Arroyo, J A; Torres, G. *Metodología de evaluación social de proyectos de caminos rurales en México*, Publicación Técnica No. 234, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro (2003)
2. Arroyo, J A; Torres, G. *Methodology for Social Evaluation of Rural Roads in Mexico*, ROUTES/ROADS No. 325, AIPCR/PIARC (2005)
3. Arroyo, J A; Acha, J A; Aguerrebere, R. *Selección sistémica de caminos rurales a rehabilitar o construir en el Estado de Michoacán (estudio piloto)*, Informe Técnico, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Querétaro (2005)
4. <http://www.conapo.gob.mx>





‡ **Certificación ISO 9001:2000 según documento No 0109-2007-AQ-MEX-EMA, vigente hasta el 24 de octubre de 2009 ([www.imt.mx](http://www.imt.mx))**

**CIUDAD DE MÉXICO**

Av Nuevo León 210, piso 2  
Col Hipódromo Condesa  
06100, México, D F  
tel (55) 5265 3190  
fax (55) 5265 3190 ext 4711

**SANFANDILA**

km 12+000, Carretera  
Querétaro-Galindo  
76700, Sanfandila, Qro  
tel (442) 216-9777  
fax (442) 216-9671

[www.imt.mx](http://www.imt.mx)  
[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)