

---

**SALUD**  
SECRETARÍA DE SALUD



FUNDACIÓN  
*Carlos Slim*

---

# ICAD MÉXICO

Índice de Calidad de la Atención  
de la Diabetes en México

Agosto 2016

# ICAD MÉXICO

ÍNDICE DE CALIDAD DE LA ATENCIÓN DE LA DIABETES EN MÉXICO

## SECRETARÍA DE SALUD

**Pablo Antonio Kuri Morales**  
Subsecretario de Prevención y Promoción de la Salud

**Jesús Felipe González Roldán**  
Director General, CENAPRECE

**Cutberto Espinosa López**  
Encargado del Despacho de la Dirección del Programa de Salud en el Adulto y en el Anciano, CENAPRECE

**Ulises Alfonso Gallegos Ventura**  
Encargado del Departamento de Diabetes e Hipertensión, CENAPRECE

**Miguel Ángel Díaz Aguilera**  
Médico Adscrito al Programa de Salud en el Adulto y el Anciano

## FUNDACIÓN CARLOS SLIM

**Roberto Tapia Conyer**  
Director General

**Ricardo Mújica Rosales**  
Director Ejecutivo

**Héctor Gallardo Rincón**  
Director de Soluciones Operativas

**Rodrigo Saucedo Martínez**  
Coordinador de Innovaciones

La Secretaría de Salud y la Fundación Carlos Slim agradecen el apoyo del Centro de Análisis de Datos para la Salud, quienes participaron en el diseño y desarrollo del Índice de Calidad de la Atención de la Diabetes en México.



# ICAD MÉXICO

<b>Introducción .....</b>	<b>4</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>5</b>
El Modelo CASALUD .....	5
El Sistema de Información en Enfermedades Crónicas (SIC) .....	5
Monitoreo de la calidad de la información.....	7
<b>Metodología.....</b>	<b>8</b>
Retención de Pacientes (RP).....	10
Consulta Efectiva (CE).....	10
Impacto en Salud (IS).....	12
Ponderación final por el número de pacientes .....	12
Tipificación de CLUES .....	14
<b>Anexo 1. Elección de pesos para cada variable .....</b>	<b>15</b>

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las enfermedades crónicas no transmisibles representan el 60% de las causas de muerte en el mundo. De ellas, el 80% ocurre en países de ingresos bajos y medios, siendo las enfermedades cardiovasculares y la diabetes responsables de 17.5 millones y 1.5 millones de muertes anuales respectivamente.

Los resultados obtenidos en la Encuesta Nacional de Salud 2012 (ENSANUT 2012) indican que en México la proporción de adultos con diagnóstico médico previo de diabetes es de 9.2%, lo cual representa un incremento importante en comparación con la proporción reportada en la ENSA 2000 (5.8%) y en la ENSANUT 2006 (7%). Este hallazgo es muy importante en términos de la demanda de servicios de salud, y es indicativo de la gravedad del problema que representa la diabetes en México.

Con la finalidad de garantizar la atención de calidad para pacientes con enfermedades crónicas, la Fundación Carlos Slim, en alianza con la Secretaría de Salud, diseñaron y desarrollaron el Sistema de Información en Enfermedades Crónicas (SIC), el cual permite:

- Contar con un registro nominal de casos
- Contar con una fuente de información para la toma de decisiones
- Conocer las tendencias sobre el control y tratamiento de pacientes
- Conocer el desempeño de las unidades de salud en dicha atención.

A la fecha, el SIC ha sido desplegado en más de 12 mil unidades de salud del primer nivel de atención que atienden a personas con alguna enfermedad crónica. A partir de la información consignada en el SIC, y con el objetivo de poder conocer la calidad de la atención brindada a los pacientes con Diabetes Mellitus Tipo 2 (DM2) en el primer nivel de atención de las unidades de la Secretaría de Salud, y conocer su evolución en el tiempo, se desarrolló el Índice de Calidad de la Atención de la Diabetes en México (ICAD México).

A partir del ICAD México, es posible generar un mecanismo de comparación del desempeño entre entidades federativas, jurisdicciones sanitarias y unidades de salud del país. Asimismo, el ICAD México cuenta con sub-índices que miden los distintos procesos alrededor de la atención, para así permitir a los responsables operativos y los tomadores de decisiones identificar las fortalezas y debilidades en el desempeño de la atención, y diseñar con ello planes de mejora que impacten en la calidad de la atención y, con ello, en la salud de esta población.

# ANTECEDENTES

## EL MODELO CASALUD

La Fundación Carlos Slim ha desarrollado el modelo CASALUD, que tiene como objetivo la reingeniería de los servicios de salud en materia de prevención y atención de las enfermedades crónicas, con énfasis en la detección oportuna de riesgos a la salud para la prevención y postergación de la enfermedad, y en la atención de calidad para aquellas personas que ya viven con una enfermedad crónica. El Modelo CASALUD, en acuerdo con la Secretaría de Salud, fue integrado como el modelo de referencia en la Estrategia Nacional para la Prevención y el Control del Sobrepeso, la Obesidad y la Diabetes, lanzada por el Presidente de la República en Octubre de 2013.

En un primer momento, a través de la Estrategia Nacional se acordó la implantación y operación del Modelo CASALUD a través de las Redes de Excelencia en Enfermedades Crónicas (RED), con la implantación del Modelo en un grupo de unidades de salud del primer nivel de atención y coordinadas por una Unidad de Especialidades Médicas en Enfermedades Crónicas (UNEME-EC). A la fecha, opera una Red de Excelencia en Diabetes en 138 unidades de salud de 27 entidades federativas, con alcance a más de un millón de beneficiarios del Seguro Popular mayores de 20 años.

## SISTEMA DE INFORMACIÓN EN ENFERMEDADES CRÓNICAS (SIC)

En el marco de la operación de las Redes de Excelencia en Enfermedades Crónicas, se encontró la necesidad de modernizar los sistemas de información vigentes para asegurar calidad de la atención de los pacientes con enfermedades crónicas. Así, Fundación Carlos Slim, en alianza con la Secretaría de Salud, diseñaron y desarrollaron el Sistema de Información en Enfermedades Crónicas, mejor conocido como SIC. El SIC opera en modalidad híbrida (fuera de línea y en línea) y permite al personal de salud el registro de la atención brindada a las personas que viven con enfermedades crónicas, incluyendo datos personales, resultados de las valoraciones (tanto mediciones básicas como peso y glucosa, como pruebas de laboratorio) y tratamiento farmacológico y no farmacológico prescrito. Es importante destacar que el SIC se desarrolló a partir de los esfuerzos de modernización de la Tarjeta de Registro y Control de Enfermedades Crónicas, bajo el liderazgo del Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades (CENAPRECE).

La versión 1.0 del SIC se lanzó por primera vez en febrero de 2014 en las primeras 60 unidades donde entonces operaban las Redes de Excelencia en Enfermedades Crónicas. A partir de esa versión, se realizaron diversos ajustes a la aplicación y se robusteció en términos de seguridad, flexibilidad, manejo de la información y sincronización.

En la VI Reunión Ordinaria del Consejo Nacional de Salud, en junio 2014, se acordó el despliegue y la implantación del SIC en su versión 2.1 entre los meses de julio y septiembre 2014, en todas las unidades de salud del primer nivel de atención en donde se atendieran pacientes con alguna enfermedad crónica. Esta ambiciosa implantación sin precedentes

estuvo encabezada por la propia Secretaría de Salud, a través de la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud y conducida por el CENAPRECE, quienes aseguraron el despliegue operativo y mantuvieron contacto con las autoridades a nivel estatal y jurisdiccional. Fundación Carlos Slim respaldó esta implantación mediante el despliegue técnico y tecnológico del SIC, y brindó soporte al personal de salud de todos los niveles a través de una Mesa de Ayuda, por medio de una plataforma multicanal.

A partir de este ejercicio, Fundación Carlos Slim desarrolló un primer Índice de Calidad, centrado en asegurar que los datos de los pacientes fueran verídicos y en línea con los parámetros de calidad establecidos por la normatividad vigente y por los estándares internacionales. Se encontró una heterogeneidad importante:

- En términos de la completitud de los datos personales del paciente diabético:
  - 4% no tenían nombre completo
  - 42% no tenían fecha de nacimiento
  - 73% no contaba con número de afiliación al Seguro Popular
  
- En términos de calidad de la consulta del paciente diabético:
  - 18% sin una sola consulta médica capturada
  - 42% sin medición de cintura en su última consulta
  - 90% sin medición de hemoglobina glucosilada

A partir de dichos hallazgos, la Secretaría de Salud condujo un esfuerzo significativo por el cual las entidades llevaron a cabo un proceso de revisión de la información, mejorando consistentemente los datos disponibles de los pacientes, tanto sus datos personales como en las consultas.

A la par de la operación del SIC en su versión 2.1, CENAPRECE y la Dirección General de Información en Salud (DGIS) de común acuerdo desarrollaron en 2015 una nueva versión de la Tarjeta de Registro y Control de Enfermedades Crónicas, misma que incorporó algunos de los preceptos ya establecidos en el SIC, incorporaba elementos innovadores en materia de atención en enfermedades crónicas tales como la visita domiciliaria, la atención integrada y la vinculación con la UNEME y aseguraba un control de la calidad de la información mediante la definición de criterios técnicos específicos. Por su parte, durante el despliegue y operación del SIC v2.1 surgieron diversas necesidades y requerimientos de modificaciones, todas ellas necesarias para responder con la realidad operativa y su inserción normativa en el Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS).

Así, la Fundación Carlos Slim, y la Secretaría de Salud, a través de la DGIS y de CENAPRECE, unieron esfuerzos para el desarrollo de la versión 3.0 del SIC, con vinculación al Subsistema de Prestación de Servicios (SIS). Dicha versión fue desplegada en las unidades de salud en diciembre 2015, en línea con el año estadístico 2016. Al día de hoy, el SIC opera en más de 12 mil unidades de salud de las 32 entidades federativas, tal y como se observa en el Tablero de Control de Enfermedades Crónicas (<http://oment.uanl.mx/tablero-de-control-de-enfermedades/>).

## Operación del SIC vista desde el Tablero de Control



Fuente: OMENT (fecha de actualización: 29 de noviembre de 2016)

## MONITOREO DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

En virtud de la operación del SIC v3.0 a nivel nacional, se consideró necesario modernizar y adaptar los criterios de evaluación de la calidad de la información. Así, Fundación Carlos Slim y la Secretaría de Salud, a través de la Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud y el CENAPRECE, con el apoyo del Centro de Análisis de Datos en Salud, han desarrollado el Índice de Calidad de la Atención de la Diabetes en México, denominado ICAD México, para medir tanto el proceso de la atención brindada al paciente diabético, como el resultado que dicha atención tienen en el control de su enfermedad.

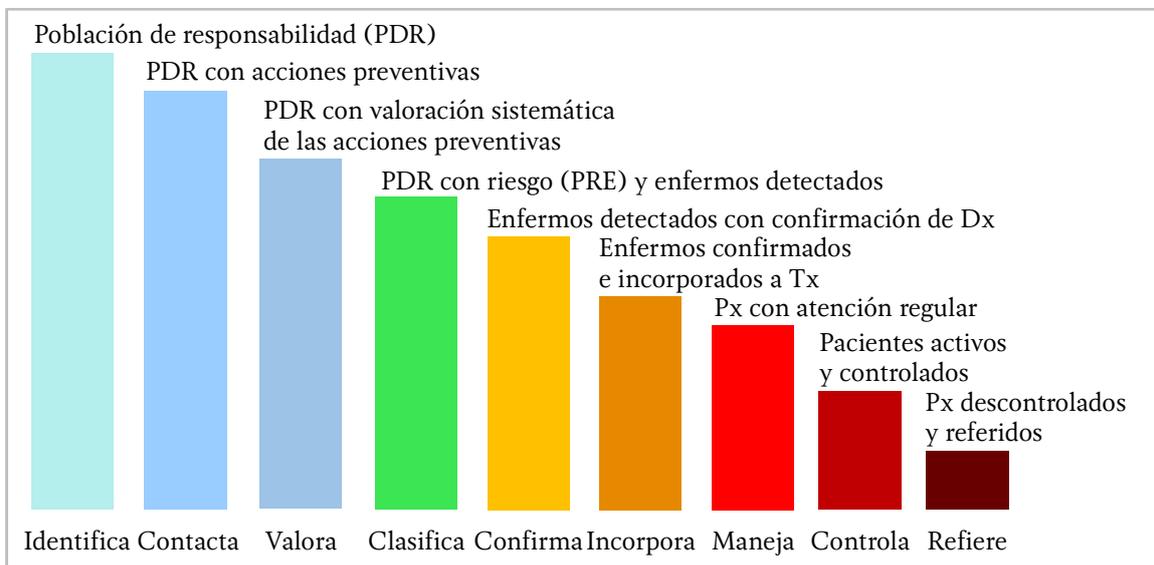
## METODOLOGÍA

El Índice de Calidad de la Atención de la Diabetes en México (ICAD México) busca contribuir a la mejora de la calidad de la atención de los pacientes diabéticos, a través de:

- Medir la calidad de la atención de las unidades de salud para avanzar hacia el objetivo de la cobertura efectiva.
- Comparar el desempeño de las unidades de salud para buscar ventanas de oportunidad y mejora.
- Diseñar acciones de mejora e integrar planes de trabajo en todos sus niveles: unidad de salud, jurisdicción y entidad.
- Medir el impacto en salud en el tiempo de las acciones de mejora y así conocer la evolución de la calidad de la atención.

El ICAD México partió de la premisa de que es necesario transitar hacia una reingeniería de la prestación de servicios en las unidades de salud que privilegie la prestación de servicios con calidad a lo largo del continuo de la atención, desde la identificación de la población de responsabilidad en una zona geográfica, pasando por la valoración de la persona, la detección de factores de riesgo, la confirmación, incorporación a tratamiento y control de la enfermedad, así como la referencia oportuna a unidades de atención especializada para aquellos pacientes que no logran el control de su enfermedad, con el fin de prevenir complicaciones.

### El continuo de la atención en las enfermedades crónicas



Así, la reingeniería en la prestación de servicios de salud considera que el modelo no sólo debe enfocarse en la atención, sino en la retención a través de un servicio de calidad.

Por otro lado, para aquellas personas que ya viven con una enfermedad crónica y son atendidos en las unidades de salud, se consideró las competencias requeridas del personal de salud para brindar una atención de calidad. Por último, se revisó el impacto en salud.

Así, El ICAD México está compuesto por tres componentes, a saber:

- Retención de Pacientes (RP)
- Consulta Efectiva (CE)
- Impacto en la Salud (IS)

Cada componente está formado por una serie de sub-componentes, conformados por una serie de indicadores a través de los cuales se evalúan las inconsistencias para los temas específicos, mismos que se presentarán con detalle más adelante.

En todos los casos, la evaluación de los indicadores se realiza en cada paciente, y posteriormente se presenta esta información en su forma más desagregada a nivel unidad de salud (CLUES), y posteriormente por jurisdicción, entidad y a nivel nacional, con los siguientes niveles de desagregación:

- CLUES o unidad de salud: Se calculan todos los indicadores para cada CLUES a partir de la información de sus pacientes diabéticos activos, de acuerdo con el criterio establecido por la Dirección General de Información en Salud, y que es calculado de forma automática por el SIC.
- Jurisdicción: Para calcular el resultado por jurisdicción, se promedian las medias de cada indicador o componente para todas las CLUES de la jurisdicción.
- Entidad: Para calcular el resultado por entidad, se promedian las medias (obtenidas en el nivel de desagregación: JURISDICCION) de todas las jurisdicciones de la entidad.
- Nacional: Para calcular el resultado a nivel nacional, se promedian las medias de las entidades (obtenidas en el nivel de desagregación ENTIDAD) de todas las entidades.

El ICAD México responde a una dinámica de la atención brindada a los pacientes. Por ello, el peso de cada sub-componente fue definido con el objetivo de posicionar el tema en la agenda pública. Así, los dos temas más relevantes hoy son la retención del paciente y la consulta efectiva, que sin duda tienen un efecto en el impacto en salud. Por su parte, para determinar el peso o ponderación de cada indicador en su sub-componente, se utilizó la técnica de análisis de factores. El Anexo 1 muestra el detalle de la elección de pesos para cada una de las variables.

Por último, para fines de comunicación estratégica, el resultado del Índice se presenta de forma cualitativa a través de estrellas, con una calificación de 0 a 5 estrellas. A continuación se presenta el desglose de cada uno de los distintos componentes.

## RETENCIÓN DE PACIENTES (RP)

En este componente, se evalúa el porcentaje de pacientes de la unidad de salud que cuentan con un estatus de Activos, tanto Regulares como Irregulares, tal y como está definido por la Dirección General de Información en Salud. La calificación se estima a nivel CLUES. Si la unidad de salud cuenta con el 100% de sus pacientes con el Estatus de Activos (ya sea regulares o irregulares) entonces se le asignan todos los puntos.

Retención de Pacientes	Puntos
Porcentaje de Pacientes Activos	20
<b>Calificación Actividad de Pacientes</b>	<b>20</b>

## CONSULTA EFECTIVA (CE)

En este componente se evalúa el proceso de atención brindada al paciente diabético en la unidad de salud, desde su ingreso a la unidad, el registro de sus datos personales, la conformación de su historia clínica (antecedentes y datos de diagnóstico), y las consultas médicas brindadas. Se estiman los indicadores de tal suerte que si la unidad de salud no presenta ninguna inconsistencia en los datos de los pacientes, entonces dicha unidad recibe todos los puntos descritos en la tabla de abajo.

Sub-componente Consulta Efectiva	Puntos
<b>Detección integral y abordaje sistemático</b>	
CE1. Mediciones básicas en consulta	11
CE2. Medidas anuales	8
<b>Toma adecuada de decisiones y seguimiento oportuno</b>	
CE3. Prescripción adecuada de tratamiento	12
CE4. Diagnóstico de comorbilidades y referencia	9
<b>Veracidad de la Información</b>	
CE5. Confiabilidad de datos del paciente	10
<b>Calificación Consulta Efectiva</b>	<b>50</b>

En seguida se describen las inconsistencias que puede presentar cada sub-componente.

### CE1. Mediciones básicas en consulta

Este sub-componente presenta información sobre las mediciones básicas del paciente en cada consulta (peso, cintura, glucosa, presión arterial, revisión de pies, evaluación tabaco).

- Medidas básicas faltantes en la última consulta: peso, circunferencia de cintura, presión arterial, glucosa, revisión de pies, revisión de dependencia al tabaco.

## **CE2. Mediciones Anuales**

- Medidas integrales faltantes en el último año: hemoglobina glucosilada, revisión de ojo, colesterol total, colesterol LDL, colesterol HDL, triglicéridos, microalbuminuria, creatinina y aplicación de vacuna de influenza

## **CE3. Prescripción adecuada de tratamiento**

- Prescripción de tratamiento: pacientes sin prescripción de tratamiento no farmacológico, pacientes sin prescripción de tratamiento farmacológico específico para diabetes, pacientes con dependencia de tabaco sin prescripción tratamiento de eliminación del hábito de tabaco

## **CE4. Diagnóstico de comorbilidades y referencia**

- Omisión de diagnóstico: se refiere a pacientes que no tienen un diagnóstico de una enfermedad crónica y que sin embargo presentan valores alterados (Obesidad: IMC  $\geq 30$ , Dislipidemias: Colesterol total  $\geq 200$  o Colesterol LDL  $\geq 100$  o Triglicéridos  $\geq 150$ , e Hipertensión arterial: Presión arterial  $\geq 140 / 90$ )
- Omisión de referencia: Pacientes con un descontrol severo de su diabetes mellitus que no han sido referidos a otras instancias.

## **CE5. Confiabilidad de datos del paciente**

Este sub-componente presenta información de los datos personales, antecedentes familiares y datos de diagnóstico del paciente.

### *Datos personales*

- Nombre repetido (una de las siguientes inconsistencias mutuamente excluyentes):
  - Nombre completo repetido en el centro de salud
  - Pacientes con nombre y primer apellido repetido en centros de salud con una desviación estándar mayor a la media nacional
  - Pacientes con nombre y segundo apellido repetido en centros de salud con una desviación estándar mayor a la media nacional
  - Pacientes con primer y segundo apellido repetido en centros de salud con una desviación estándar mayor a la media nacional
- Fecha de nacimiento repetida en el centro de salud
- Teléfono fijo faltante
- Teléfono celular faltante
- Número de expediente faltante
- Domicilio incompleto

### *Antecedentes familiares*

- Dato faltante para algún antecedente familiar: enfermedad cardiovascular, diabetes mellitus, hipertensión arterial, dislipidemias, obesidad y enfermedad cerebrovascular

### *Datos de diagnóstico*

- Datos de referencia faltantes: tipo, año de diagnóstico, tipo de detección
- Datos de basal faltante: glucosa, A1c, revisión de pies, fondo de ojo

## IMPACTO EN SALUD (IS)

En este componente se evalúa el grado de control de la diabetes mellitus que tiene cada paciente. Es importante señalar que se decidió, en línea con los estándares internacionales y la Norma Oficial Mexicana, utilizar únicamente el valor de hemoglobina glucosilada como medida de control.

La calificación se estima a nivel CLUES. Así, si en la unidad de salud todos los pacientes obtienen todo el puntaje y no presentan ninguna desviación o inconsistencia respecto de lo esperado, la unidad de salud obtiene todo el puntaje correspondiente.

Sub-componente Impacto en Salud	Puntos
Control de la diabetes mellitus	30
Calificación Impacto en Salud	30

En seguida se describen los posibles resultados que puede presentar cada paciente.

A) Pacientes con medición de A1c:

- Control A1c < 7% (30 puntos, 100% de los puntos)
- Descontrol leve A1c 7 < 9.0% (21 puntos, 70% de los puntos)
- Descontrol severo A1c ≥ 9.0% (6 puntos, 20% de los puntos)

B) Pacientes sin medición de A1c pero con medición de glucosa:

- Control glucosa ayuno < 130 (15 puntos, 50% de los puntos)
- Descontrol glucosa ayuno ≥ 130 (3 puntos, 10% de los puntos)

C) Pacientes sin medición de A1c (0 puntos, 0% de los puntos)

## PONDERACIÓN FINAL POR EL NÚMERO DE PACIENTES

Así, el Índice (ICAD México) resume y presenta de una forma didáctica el desempeño de las unidades de salud respecto de la atención que brindan al paciente diabético.

ICAD México	Puntos
Retención de Pacientes (RP)	20
Consulta Efectiva (CE)	50
Impacto en Salud (IS)	30
<b>Calificación ICAD México</b>	<b>100</b>

Con la finalidad de incentivar una mayor cobertura en la atención de pacientes con diabetes, dicha calificación se pondera por el número de pacientes activos atendidos:

- Si la unidad tiene de 1 a 5 pacientes → Calificación x 0.8
- Si la unidad tiene de 6 a 10 pacientes → Calificación x 0.9
- Si la unidad tiene 11 pacientes y más → Se mantiene la calificación

*Ejemplo:*

Centro de Salud El Zapote (GTSSA003781)

Pacientes activos: 8

Calificación obtenida: 69.7

ICAD México =  $69.7 \times 0.9 = 62.7$

## TIPIFICACIÓN DE CLUES

Para efectos de visualización de los resultados nacionales y estatales de las CLUES, se separará el ranking por tipo de segmento al que pertenece la unidad médica. Dicha segmentación ira de acuerdo a la siguiente tipificación:

	Tipología	Media Px	Núm. clues	% clues	Urbano / Rural	Media	Media ponderada	
A	Rural 1 NB	28.32	5257	49.3		60.12	58.24	Rural
B	Rural 2 NB	59.52	1121	10.5		59.16	58.56	
C	Rural 3+ NB	99.67	579	5.4	76.67%	58.45	57.97	
P	Unidad Móvil	22.46	1223	11.5		58.44	55.77	
W	Casa de Salud	13.42	241	2.3		57.16	52.56	
X	Brigada	14.64	44	0.4		58.57	54.79	
D	Urbano 1 NB	43.85	493	4.6		60.87	59.55	Urbano
E	Urbano 2 NB	59.52	461	4.3		59.12	58.06	
F	Urbano 3 NB	89.97	285	2.7		59.43	59.08	
G	Urbano 4 NB	112.93	180	1.7		58.78	58.47	
H	Urbano 5 NB	133.09	140	1.3		57.67	57.29	
I	Urbano 6 NB	139.86	119	1.1		57.29	56.9	
J	Urbano 7 NB	147.03	67	0.6		59.04	58.49	
K	Urbano 8 NB	187.33	58	0.5	23.33%	56.95	56.69	
L	Urbano 9 NB	197.74	47	0.4		60.09	59.74	
Q	Urbano 10 NB	272.52	46	0.4		60.65	60.29	
R	Urbano 11 NB	264.47	15	0.1		61.84	61.84	
S	Urbano 12+ NB	293.18	112	1.1		58.17	57.86	
M	Hospital General	89.94	16	0.2		63.56	62.37	
N	Hosp. Int. Comunitario	117.6	144	1.4		58.17	57.21	
T	Clínica de especialidades	155.46	13	0.1		61.57	60.94	

## ANEXO 1. ELECCIÓN DE PESOS POR VARIABLE

Como se mencionó anteriormente, los pesos de los indicadores se eligieron utilizando análisis de factores, una técnica estadística utilizada para describir la variabilidad al reducir la dimensionalidad a un cierto número de variables no observadas llamadas factores.

La idea básica en el análisis de factores es que se tienen  $p$  variables aleatorias las cuales pueden ser expresadas como una combinación lineal de  $m$  variables aleatorias hipotéticas no observadas llamadas factores, con  $m < p$  más un término de error. Es decir, si  $x_1, \dots, x_p$  son las variables aleatorias y  $f_1, \dots, f_m$  son los factores, entonces:

$$\begin{aligned} x_1 &= \lambda_{11}f_1 + \lambda_{12}f_2 + \dots + \lambda_{1m}f_m + e_1 \\ &\vdots \\ x_p &= \lambda_{p1}f_1 + \lambda_{p2}f_2 + \dots + \lambda_{pm}f_m + e_p \end{aligned} \tag{1}$$

donde las constantes  $\lambda_{ij}$  con  $i \in \{1, \dots, p\}$  y  $j \in \{1, \dots, m\}$  son llamadas las cargas de los factores, y  $e_1, \dots, e_p$  son los términos de error. El sistema de ecuaciones (1) se puede expresar matricialmente como

$$x = \Lambda f + e. \tag{2}$$

Se tienen además los siguientes supuestos:

$$E[e] = 0, \quad E[f] = 0, \quad E[x] = 0, \tag{3}$$

$$E[ee^T] = \Psi, \quad E[fe^T] = 0, \quad E[ff^T] = I_m, \tag{4}$$

donde  $\Psi$  es una matriz diagonal y  $I_m$  es la matriz identidad de rango  $m$ . El tercer supuesto de (3) no necesariamente se cumple siempre, pero lo que sí se puede hacer es tomar  $x = \mu + \Lambda f + e$ , con  $\mu = E[x]$ . Los supuestos en (4) asumen que los errores no están correlacionados entre sí, que los errores no están correlacionados con los factores y que los factores no están correlacionados.

El modelo (2) parece un simple modelo de regresión lineal, pero en este caso  $\Lambda$  y  $f$  son desconocidos, por lo que no hay una única solución global óptima. Dadas las supuestos (3) y (4), la matriz de covarianzas  $\Sigma$  puede ser expresada como  $\Sigma = \Lambda \Lambda^T + \Psi$ . Sin embargo, si se quisiera estimar  $\Lambda$  usando esta formulación, se vería que hay una infinidad de soluciones, pues cualquier  $\Lambda'$  tal que  $\Lambda' = \Lambda T$ , con  $T$  ortogonal, daría el mismo resultado.  $T$  es llamada

una matriz de rotación, pues hace una rotación en el espacio Euclídeo. Una de las opciones para la matriz  $T$  es la llamada rotación *varimax*, de tal forma que si  $B = \Lambda T$  y el elemento  $b_{jk}$  corresponde al elemento en la  $j$ -ésima fila y  $k$ -ésima columna, para  $j \in \{1, \dots, p\}$  y  $k \in \{1, \dots, m\}$ , entonces  $T$  se escoge de tal forma que maximiza

$$Q = \sum_{k=1}^m \left[ \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p b_{jk}^4 - \left( \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p b_{jk}^2 \right)^2 \right] \quad (5)$$

Al maximizar  $Q$  en (5), se está buscando maximizar la suma de las varianzas del cuadrado de los cargos de los factores (por eso su nombre). Debido a esto, cada factor tiene pocas variables con cargas grandes por factor, pero muchas cargas con valor igual o cercano a cero. Esto simplifica la interpretación porque cada variable original tiende a estar asociada con pocos factores, y cada factor representa un número pequeño de variables, esto porque las cargas bajas se pueden ignorar en la interpretación.

#### Elección de número de factores

Los resultados hasta el momento han hecho la suposición de que se tienen ya un número definido,  $m$ , de factores, pero una pregunta natural es, ¿cuántos factores se deben modelar? La respuesta depende del objetivo del análisis de factores; en ocasiones se desea utilizar las variables latentes como un resumen de las variables observadas e incorporarlas a análisis posteriores. En este caso es conveniente analizar el porcentaje de la varianza en las variables observadas que se puede explicar con los factores, por ejemplo si el tercer factor no contribuye de manera importante a explicar la variabilidad observada, el modelo con dos factores sería preferible. Por otra parte, si se hacen supuestos distribucionales en  $x$  y en  $e$ , se puede comparar la verosimilitud (o AIC, o BIC) de los modelos con distinto número de factores y elegir de acuerdo a este criterio.

Para este trabajo se utilizó solamente un factor, es decir,  $m = 1$ . De esta forma, los pesos para cada indicador es directamente  $\Lambda_{il}$ .

En las tablas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 se observan los pesos finales para cada indicador.

*Tabla 1: Pesos para el indicador de datos personales*

Variable de datos personales	Peso
Nombre no repetido	0.2070877
Fecha de nacimiento no repetida	0.0821981
Teléfono fijo no faltante	0.1982629
Teléfono celular no faltante	0.1959263
Expediente no faltante	0.0615935
Domicilio consistente	0.1549317

*Tabla 2: Pesos para el indicador de antecedentes familiares*

Variable de antecedentes familiares	Peso
Enfermedad cardiovascular	0.1796332
Hipertensión arterial	0.1238434
Diabetes Mellitus	0.1432247
Dislipidemias	0.1857104
Obesidad	0.1817137
Enfermedad cerebrovascular	0.1858746

*Tabla 3: Pesos para el indicador de datos de diagnóstico basal*

Variable de diagnóstico basal	Peso
Tipo de diabetes	0.0910102
Año de diagnóstico	0.0664103
Tipo de detección	0.0729720
Medición de glucemia	0.0336022
Medición de HbA1c	0.1817137
Revisión de pies	0.2334601
Revisión de fondo de ojo	0.2302420

*Tabla 4: Pesos para el sub-indicador de mediciones básicas*

Variable de mediciones básicas	Peso
Peso	0.1944255
Circunferencia de cintura	0.1570751
Glucemia	0.0503308
Revisión de pies	0.2338146
Evaluación de dependencia a tabaco	0.1757971
Presión arterial	0.1885569

*Tabla 5: Pesos para el sub-indicador de mediciones complementarias anuales*

Variable de mediciones anuales	Peso
Hemoglobina glucosilada	0.1268322
Colesterol Total	0.1621697
Colesterol HDL	0.1350481
Colesterol LDL	0.1331808
Triglicéridos	0.1622164
Albuminuria	0.0717019
Creatinina	0.1154887
Fondo de ojo	0.0933619

*Tabla 6: Pesos para el sub-indicador de prescripción de tratamiento*

Variable de prescripción	Peso
Tratamiento no farmacológico	0.4183890
Tratamiento específico para DM2	0.4443497
Tratamiento p/ dependencia tabaco	0.1372613

*Tabla 7: Pesos para el sub-indicador de omisiones*

Variable de prescripción	Peso
Omisión de referencia	0.3000000
Omisión de diagnóstico	0.7000000

*Tabla 8: Pesos para el sub-indicador de visitas*

Variable de prescripción	Peso
Mediciones básicas	0.27
Mediciones complementarias	0.18
Prescripción de tratamiento	0.29
Omisiones	0.23
Aplicación de vacuna de influenza	0.03