



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería
Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**VALUACIÓN DE BODEGAS Y NAVES
EN LA CIUDAD DE PUEBLA**

TESIS

Para obtener el grado de:
MAESTRO EN VALUACIÓN

Presenta:

ING. JOSÉ LUIS CARRILLO ESCOBAR

Asesor:

DR. ENRIQUE MONTIEL PIÑA

Puebla, Pue.

Noviembre de 2015



Oficio No. 4523/2013

C. JOSÉ LUÍS CARRILLO ESCOBAR
Pasante de la Maestría en Valuación
Facultad de Ingeniería, BUAP.
Presente

Por medio del presente, el suscrito M.I. Edgar Iram Villagrán Arroyo, Director de la Facultad de Ingeniería, de acuerdo a su solicitud de aprobación de tema de Tesis, le autoriza desarrollar el tema intitulado: **Valuación de bodegas y naves en la ciudad de Puebla**. Para obtener el grado de Maestro en Valuación. Asignándose como Asesor al Dr. Enrique Montiel Piña y Co-asesor al Mtro. Jorge Arturo Pérez Soto.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
"PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Zaragoza, noviembre 28 de 2013.
FACULTAD DE INGENIERÍA

M. I. EDGAR IRAM VILLAGRAN ARROYO
DIRECCIÓN

C.c.p. Dr. Enrique Montiel Piña, Asesor del Tema de Tesis
C.c.p. Mtro. Jorge Arturo Pérez Soto, Co-asesor del Tema de Tesis

C.c.p. Archivo

GJS/sco*

M. I. Edgar Iram Villagrán Arroyo
Director de la Facultad de Ingeniería, BUAP
P R E S E N T E:

El suscrito, Dr. Enrique Montiel Piña, Asesor del tema de Tesis titulado "**Valuación de Bodegas y Naves en la Ciudad de Puebla**", presentado por el C. Ing. José Luis Carrillo Escobar, pasante de la Maestría en Valuación, me permito informar a Usted que después de haber revisado la tesis antes mencionada, no tengo inconveniente alguno en autorizar la impresión de la misma.

Hago de su conocimiento lo anterior para los efectos y fines académicos a que haya lugar.



ATENTAMENTE
"PENSAR BIEN PARA VIVIR MEJOR"
H. Puebla de Z., a 13 de Noviembre de 2015.



Dr. Enrique Montiel Piña
Asesor de Tesis

c. c. p. Dr. Gabriel Jiménez Suárez.- Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado.- P. s. c.
c. c. p. Mtro. David Antonio Jiménez Sánchez.- Coordinador de la Maestría en Valuación.- P. s. c.
c. c. p. Ing. José Luis Carrillo Escobar.- Estudiante. P. s. c.
c. c. p. Archivo

Dedicatoria

A las personas que han sido fundamentales en mi vida y que tanto amo: mis Padres, mi Esposa Angélica, mis Hijos y mis Hermanos.

Agradecimientos

Con toda admiración y respeto a mi gran amigo, asesor y maestro, Dr. Enrique Montiel Piña, quien trabajó con mucha dedicación y esmero para concluir esta tesis en tiempo y forma.

A mi amigo y maestro M. V. Jorge Arturo Pérez Soto.

Índice

Resumen	v
Abstract	vi
Planteamiento del Problema	vii
Justificación	viii
Objetivos	ix
Introducción	1
Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves	4
1.1 Conceptos de valuación y valor	5
1.2 Principios aplicados a la valuación	6
1.3 Métodos y enfoques aplicados a la valuación	10
1.3.1 Enfoque de costo físico o de valor neto de reposición	13
1.3.2 Enfoque de Ingresos	18
1.3.2.1 Estimación de la tasa de capitalización con base al mercado	22
1.3.2.2 Estimación de la tasa de capitalización mediante las sumas de las tasas de amortización acumulada y de interés neta	22
1.3.2.3 Estimación de la tasa de capitalización mediante la matriz del Ing. Bravo Bermejo	23
1.3.3 Método estadístico	25
1.4 Criterios a aplicar para la valuación de bodegas y naves	26
1.4.1 Diferencia entre bodega (<i>Bod</i>) y nave industrial (<i>NI</i>)	27
1.4.2 Definición de variables que influyen en el valor de un <i>EI</i> ...	29
Capítulo 2: Formalismo matemático	37
2.1 Análisis de regresión múltiple	38
2.2 Método de mínimos cuadrados para la RM	40
2.3 Coeficiente de determinación múltiple	41
2.3.1 Relación entre <i>SST</i> , <i>SSR</i> y <i>SSE</i>	41
2.3.2 Coeficiente de correlación	42
2.4 Pruebas de significancia (<i>F</i> y <i>t</i>)	46
2.4.1 Prueba <i>F</i>	47
2.4.2 Prueba <i>t</i>	49
2.5 Uso de la ecuación estimada para predecir y evaluar	50

2.6 Análisis de residuales	50
Capítulo 3: Aplicación del MRLM y obtención de resultados	54
3.1 Generación de la base de datos	55
3.1.1 Descripción y generación de la encuesta	57
3.1.2 Aplicación de la encuesta	64
3.1.3 Resultados de la encuesta	66
3.2 Procesamiento de los datos empleando Minitab	68
3.2.1 Ejemplo de aplicación del MRLM	68
3.2.2 Obtención de resultados	75
3.3 Análisis de resultados	85
3.4 Estimación de la tasa de capitalización y aplicación de la misma en la determinación del valor por m ² de <i>E</i> 's	88
Conclusiones	95
Bibliografía	99

Resumen

En este trabajo se proporcionan los elementos fundamentales para la valuación de bodegas y naves industriales en la Ciudad de Puebla y alrededores de acuerdo con los tres enfoques de la valuación: de costos, de ingresos y de mercado.

Por la vocación de este tipo de propiedades, se hace énfasis en el método de ingresos y para lo cual se utilizan los métodos estadísticos como herramienta fundamental.

En función a una base de datos obtenida por encuestas realizadas a arrendadores y arrendatarios de edificios industriales, y mediante el programa estadístico Minitab, se obtiene un modelo matemático llamado Ecuación de Regresión Múltiple Estimada (ERME), con la que se determina el importe de la renta del inmueble. De la misma base de datos se calcula la tasa de capitalización. Con esos dos datos y utilizando el método de ingresos es posible determinar entonces el valor de la propiedad a valuar, objetivo de esta tesis.

Abstract

In this work a series of fundamental elements for the valuation of warehouses and industrial buildings at Puebla City and its surroundings are presented. This valuation will be done according to three different approaches: costs, income and market.

Considering the utility of this type of properties, this work makes an emphasis on the method of income. To do so, statistical methods are used as a fundamental tool.

According to a database obtained by polls made to industrial buildings, landlords and tenants and through the statistical program, Minitab, a mathematical model named Estimated Multiple Regression Equation (ERME, from his Spanish form) was obtained. This model determines the amount of the income of the property. The capitalization rate was calculated from the same database. With those results and using the income method, it is possible to determine the value of the property, which is the goal of this thesis.

Planteamiento del Problema

Una práctica común en el mercado real para la renta de bodegas y naves industriales (que llamaremos indistintamente Edificios Industriales y que abreviaremos como *EI*) en la ciudad de Puebla, consiste en estandarizar el precio por metro cuadrado en un rango de treinta a cuarenta pesos, cuando la instalación es techada, menospreciando el patio de maniobras, al grado que habitualmente no se cobra. Sin embargo, la experiencia muestra estos precios varían de acuerdo con las características físicas de cada inmueble, sin que se conozcan cuáles son las variables que más influyen, y de qué manera lo hacen, en el precio de renta del mismo. Por ejemplo, en el área logística las respectivas variables (llamadas intangibles) que buscan maximizar la rentabilidad del *EI*, a pesar de que aportan un valor agregado a las bodegas y naves, no son consideradas en los avalúos, no obstante la existencia de diferentes productos inmobiliarios de cada operativa logística, ya sea para almacenaje (*EI* logísticos), para distribución (*EI* de distribución) y de mayor rotación (*EI* de cross-docking).

Adicionalmente existe un desconocimiento, por parte de los propietarios e inversionistas de *EI*'s sobre los montos de rentas y ventas de estos últimos. Si bien es cierto que la variable dependiente de un *EI*, que es el precio de renta o de venta, según sea el caso, y una de las variables independientes, si no la única, es la superficie del terreno, es obvio que el mercado en general está menospreciando otras variables que impactan el costo de las propiedades y por ende afectan el precio de las mismas. Algunas de estas variables no consideradas son por ejemplo

la altura, la ubicación de los accesos, la seguridad, las dimensiones del patio de maniobras, el área de oficinas, los andenes, el tipo de electricidad usada, logística, entre otras más.

Así, sin justificación, los precios de arrendamiento se disparan, por ejemplo en los casos de los parques industriales FINSA, BRALEMEX o CAMAFRA, sin embargo, en otros lugares que no pertenezcan a los parques mencionados, se encuentra que tales precios fluctúan en un intervalo como el que se mencionó al inicio de este apartado. Es menester aclarar que no se consideran *El* ubicados sobre avenidas muy comerciales, ya que dispararán el precio de las mismas y pueden sesgar la información. Tampoco se estarán tomando en cuenta las zonas en donde el tráfico pesado no está permitido durante el día (por ejemplo, la zona del centro de la ciudad).

Justificación

La ciudad de Puebla es dinámica en diferentes ámbitos productivos, por ejemplo en la ganadería destaca la producción de carne de bovino, caprino y porcino, así como la producción lechera de bovinos y caprinos y la de carne y huevo de la rama avícola. Asimismo, el Estado es un fuerte productor de hortalizas, frutas y flores; ofrece productos como son la vainilla, tuna, café, jamaica, nopal, entre otros. Además, hay una gran gama de alimentos procesados. Actualmente se produce una gran variedad de productos agrícolas como el amaranto, cacahuate, cebolla, etc. En el sector minero, el Estado se caracteriza por poseer importantes yacimientos de minerales no metálicos, por lo que las oportunidades de inversión en minería son enormes, pues abastece a la industria nacional de estos minerales. En el rubro manufacturero, concentró el 97 % de la inversión extranjera directa recibida

por el Estado en el 2009; el sector automotriz es el más importante del Estado, pues esta industria se ha desarrollado de forma destacada en las últimas décadas. La ubicación geográfica y las vías de comunicación facilitan el traslado de autopartes para otras armadoras ubicadas, por ejemplo, en el norte del país. Existen desde luego otras ramas productivas de importancia en el Estado, y en la capital, que le agregan cierta dinámica a esta última, de tal modo que se ha creado la necesidad de espacios para la fabricación, almacenamiento y distribución de la gran diversidad de productos del Estado de Puebla en general. Sin embargo, a pesar de que se han construido y ofertado muchos espacios para estos fines, tal crecimiento ha ocurrido de manera desordenada, a destiempo y sin atender las necesidades reales del mercado, y en el mejor de los casos, si lo hacen, es de manera parcial. Así, se puede afirmar que en la actualidad existe una alta demanda de *EI*'s, de manera directa e indirecta. Por lo tanto, para valorar este tipo de inmuebles y calcular su valor, de acuerdo con lo que se expone en el primer capítulo de este trabajo, el criterio más apropiado a emplear debe ser el Método de Ingresos (MI), mientras que el método de mercado se descarta, pues no es común la venta de este tipo de edificios. El método de Valor Físico se emplea, por ejemplo, para la contratación de seguros.

Objetivos

Objetivo General: Determinar las variables más influyentes en la valuación de un *EI* para la renta del mismo, empleando el enfoque de Capitalización de Rentas combinado con el Método Estadístico de Regresión Lineal Múltiple.

Objetivos Particulares:

- Construir una base de datos para uso estadístico que permita,

mediante el uso del Método de Regresión Lineal Múltiple, determinar las variables más influyentes en la determinación del precio de renta de un *EI* de la ciudad de Puebla.

- Combinar los Métodos Valuatorio y Estadístico, de Capitalización de Rentas y de Regresión Lineal Múltiple, respectivamente, para determinar una expresión matemática que permita determinar la renta neta de un *EI* en la ciudad de Puebla.

Introducción

La presente investigación se refiere al tema de la valuación de bodegas y naves en la Ciudad de Puebla y alrededores. El diccionario de la Real Academia Española de la Lengua se refiere al término bodega o edificio de almacén como “*el espacio destinado al almacenamiento de distintos bienes*”. Esta definición se aplicó durante mucho tiempo, sin embargo a partir de 1990 se da un crecimiento importante de edificios industriales de concreto prefabricado y aparece el término de nave industrial. Si bien en ambos casos la finalidad puede ser la misma (almacenamiento, producción y/o distribución de productos), por un lado, el término bodega se aplica a aquellos edificios soportados por muros y columnas generalmente de concreto, con claros pequeños y alturas bajas y con estructuras ligeras para el soporte del techo. Por otro lado, las naves industriales tienen como una de sus principales características, el contar con distancias libres grandes, tanto entre elementos estructurales verticales (columnas o muros), como entre el piso y los elementos estructurales horizontales (piso y techo), así como una estructura, generalmente constituida por vigas de acero, que soporta al techo. Sin embargo, se utilizará indistintamente el término de “Edificios Industriales (EI)” al referirse a bodegas y/o naves industriales.

No obstante el título de la tesis se refiere a bodegas y naves en la Ciudad de Puebla, no deben descartarse zonas aledañas de importancia, especialmente la zona de Cuautlancingo y Coronango, donde se encuentra Volkswagen. Por lo tanto, se considera como zona de estudio a la región comprendida entre el centro de la Ciudad (Catedral), y hasta una distancia de 15 km hacia los cuatro puntos cardinales y de ahí se hizo un cuadro cuyos límites se describen en el interior de la tesis, específicamente en el Capítulo 3. Se supone que los EI's a considerar cuentan con los permisos requeridos y los dictámenes de uso de las autoridades.

Mientras la vocación de un inmueble habitacional (los más frecuentemente valuados y por lo tanto más estudiados) es la comodidad y descanso de sus usuarios, en las bodegas y naves se busca la eficiencia y rentabilidad. El famoso método Toyota, o *Just In Time* (JIT¹), nos sugiere que la vocación de este tipo de edificios, cuyo objetivo primordial es la optimización con criterio de rentabilidad, es el «*nivel de servicio*» ofrecido al cliente. Para ello se emplean técnicas derivadas de la ingeniería y de la investigación de operaciones enfocadas sobre aspectos vitales como la localización de los almacenes, distribución tanto interna como externa del espacio en los mismos, elección del tipo de estructura de almacenaje adecuada, gestión eficaz de los recorridos y manipulaciones interiores, optimización del espacio de carga en los diferentes medios de transporte, creación de rutas de transporte tendientes a reducir desplazamientos o a maximizar la carga transportada y diseño de sistemas de gestión y administración ágiles.

Cuando se pregunta por la renta de un *EI*, normalmente se oferta un precio de renta por metro cuadrado, que habitualmente oscila entre \$ 30.00 y \$ 35.00 del área techada, con lo que generalmente se minimizan variables que deben influir en el costo de renta, pues son una parte importante de la construcción (por ejemplo altura de la nave, resistencia del piso, existencia de oficinas, ubicación, accesos, entre otras).

Sin embargo, no existe una metodología sustentada en este tipo de métodos que justifique el considerar un conjunto de variables en el precio de renta. Por lo tanto, en este trabajo se propone una metodología, con sustento estadístico, para realizar la labor de asignar un precio de renta “más justo” a un *EI*, y encontrar una expresión matemática, obtenida por métodos estadísticos, específicamente el Método de Regresión Lineal Múltiple, para calcular el valor de renta de un *EI*, que considere las variables independientes más influyente y descartando las que tienen alguna

¹El JIT (producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento que se necesitan) es un conjunto de técnicas diseñadas para mejorar la tasa interna de retorno de un negocio basándose en la eliminación, o drástica reducción, de cualquier tipo de producto almacenado, por lo que la aplicación de este método ha originado un declive de los almacenes (bodegas) tradicionales.

correlación con las ya consideradas o que no tienen una influencia importante en el modelo. Con esos valores se pretende obtener la Renta Neta, que se pretende debe ser empleada para determinar el precio de renta de un *EI* con características físicas particulares, por lo que la importancia de este trabajo radica en que es un tema inédito, pues no existe bibliografía especializada acerca de la valuación de este tipo de inmuebles y se pretende determinar las principales variables que influyen en la valuación de los mismos.

Por lo tanto, en el Capítulo 1 se definen los conceptos básicos de la valuación y las variables que presuntamente influyen en el valor de un *EI*; asimismo, se presentan los principios y métodos valuatorios, concluyendo que el enfoque recomendado es principalmente el de Ingresos.

En el Capítulo 2 se presenta tanto el formalismo matemático, es decir, la teoría estadística llamada Regresión Lineal Múltiple, como los procedimientos estadísticos a emplear para la obtención de resultados. Debido a que en general cualquier tratamiento estadístico de esta índole requiere una gran cantidad de cálculos, la mayoría de los detalles son omitidos. Más aún, para el análisis de tales datos se emplea un software de cómputo, específicamente hablando, Minitab, que facilita los cálculos extensos que se requieren, sin embargo, la explicación de los resultados que éste arroja se explica en el siguiente capítulo.

En el Capítulo 3 se genera una base de datos a la cual se le aplican los métodos estadísticos descritos en el Capítulo 2, con lo que se obtiene una propuesta de expresión matemática para calcular el valor de renta de un *EI* que por un lado considere las variables independientes más importantes y que por otro lado descarte las que tienen alguna correlación con las ya consideradas o que no tienen una influencia importante en el modelo.

Al final de la tesis se presentan las conclusiones más importantes que se desprenden de la misma, así como algunas sugerencias y/o consideraciones para la realización de trabajos posteriores que se desprenden de este trabajo.

Capítulo 1

Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Edificio Industrial, Principios y Métodos de la Valuación

En este capítulo se definen los conceptos básicos de la valuación y las variables que presuntamente influyen en el valor de un edificio industrial; asimismo, se presentan los principios y métodos valuatorios.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

1.1. Conceptos de valuación y valor

La valuación es un procedimiento sustentado en conocimientos científicos y técnicos para estimar el precio justo de un bien, producto o servicio, a una fecha determinada. Por lo tanto, un avalúo es una declaración escrita, preparada imparcialmente por un valuador calificado, exponiendo una opinión del valor definido de una propiedad adecuadamente descrita con una fecha específica, apoyada en la presentación y análisis de información pertinente en el mercado [1]. En estas condiciones, el destino de la valuación es el uso que se pretende dar a un dictamen valuatorio para efectos de conocer el valor comercial con fines particulares, adquisiciones, enajenaciones, rentas, seguros o fianzas.

En cualquiera de estos contextos, para valorar, por ejemplo, cualquier propiedad es fundamental entender y distinguir los conceptos de costo, precio y valor.

Por un lado, el costo se puede entender como lo que se gasta en fabricar o adquirir un producto o servicio. Por otro lado, el precio es asociado a una operación de compra-venta, ya que representa la cantidad monetaria en la que un comerciante (o vendedor) y un comprador, en condiciones justas y sin presiones para ambos, concretan la operación por la compra-venta de un bien o servicio. Finalmente, el valor es el grado de satisfacción que dan los bienes; para que un bien pueda tener ese grado de deseabilidad y satisfacción, debe contar con las siguientes tres características:

- Utilidad, es decir, el bien debe servir para algo.
- Valor de intercambio, significa que debe de existir alguien que desea tener el bien y alguien que se quiera deshacer de él.
- Escasez, se refiere al hecho que si un bien fuera ilimitado, no se le podría asignar un valor específico.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

1.2. Principios aplicados en la valuación

Algunas fuentes como el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN²), Antuñano³ y el Instituto Americano de Valuación (IAV), concuerdan en trece principios económicos del avalúo (inmobiliario), e incluso se les llega a considerar como sus cimientos. Los primeros ocho principios concuerdan en las tres fuentes, sin embargo, Antuñano reconoce dos más, y por su parte el IAV añade un tercer principio. Los mencionados principios son [2]:

1. **Principio de Anticipación:** Está relacionado con el enfoque de rentas, según el cual la expectativa de obtener beneficios futuros influye en el valor del inmueble. Por lo tanto, este principio describe el valor de mercado como el valor presente de derechos futuros a ingresar, es decir, el valor actual de una propiedad se toma como una medida de los beneficios que se espera producirá en el futuro.
2. **Principio de Competencia:** De este principio se deriva que donde hay ganancias sustanciales se crea la competencia, pero las ganancias excesivas dan lugar a una competencia dañina. En un sistema económico de libre empresa que procura los máximos rendimientos, la competencia es fundamental a la dinámica de la oferta y la demanda. Cada propiedad compite con las otras propiedades de otros segmentos de mercado. Las ganancias fomentan competencia, pero utilidades excesivas tienden a una competencia ruinosa.
3. **Principio de Progresión y Regresión:** La progresión es un fenómeno por el cual el valor de un objeto menor es asociado con objetos del mismo tipo, La progresión, para inmuebles, consiste en la manera en que se beneficia el valor de la primera casa al estar asociada con las más costosas. La

² En México, el Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales es un órgano desconcentrado de la Secretaría de la Función Pública, cuya misión es administrar el patrimonio inmobiliario federal y paraestatal optimizando su aprovechamiento, así como proporcionar servicios valuatorios a la Administración Pública Federal contribuyendo a racionalizar el gasto público.

³ Ingeniero y perito valuador registrado ante la autoridad fiscal para auxiliar a las personas autorizadas en la práctica de avalúos vinculados con las contribuciones establecidas en el Código Financiero del Distrito Federal.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

regresión, en cambio, se presenta cuando hay una propiedad de determinado valor dentro de un conjunto cuya clasificación es menor, o sea, en una colonia donde las casas valen menos; así la regresión se manifiesta en la disminución del valor de la casa de más calidad. Así, este principio está interrelacionado con el principio de homogeneidad o conformidad (que se explica más abajo), pues el valor máximo de un inmueble se logra cuando en un vecindario está presente un grado razonable de homogeneidad social y económica. Por ejemplo, entre dos propiedades diferentes, el valor de la mejor propiedad puede ser afectado adversamente por la presencia de otras de menor valor, o también en que una propiedad de menor valor puede tener un precio incrementado debido a la proximidad de otras de mayor valor.

4. **Principio de Cambio:** En este principio el valor de mercado nunca es constante, está sujeto tanto al efecto de las fuerzas externas a la propiedad como al de fuerzas internas. Las primeras son las fuerzas económicas, sociales, gubernamentales, etc., mientras que las segundas se refieren a la depreciación, de las mejoras, el suelo, la edad, la zona, su ubicación, el estado de conservación, etc. Por lo mismo, se establece que el valor de mercado estimado es válido únicamente para el día en que se lleva a efecto la valuación. Por lo anterior, en este principio, los efectos del deterioro físico ordinario y de la demanda de mercado, dictan que toda propiedad pase por las siguientes etapas: crecimiento, cuando se están construyendo mejoras y la demanda aumenta; equilibrio, cuando el vecindario está prácticamente saturado y las propiedades parecen sufrir pocos cambios; declinación, cuando las propiedades requieren cada vez mayor mantenimiento, en tanto que la demanda por ellas disminuye; y finalmente la etapa de renovación.
5. **Principio de Equilibrio:** Señala que los agentes de producción (trabajo, coordinación, capital y tierra) están estrechamente relacionados con los principios de contribución, de beneficios variables y productividad excedente, con los cuales deberán mantener un sano equilibrio económico,

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

por lo que se considera que existe un punto de armonía entre oferta y demanda. El equilibrio económico se logra cuando la combinación de tierra y mejoras es óptima, es decir, cuando no se logra ningún beneficio marginal o utilidad si se agrega otra unidad de capital. Ese punto, llamado de rendimientos decrecientes, se puede determinar cómo el valor máximo.

6. **Principio de Mayor y Mejor Uso:** Es el uso más probable y procedente para un bien cuando es permitido legalmente, físicamente posible, económicamente viable y técnicamente factible, y que resulta en el mayor valor del bien que se está valuando. El mayor uso productivo de una propiedad determinada, es aquel para el cual es apta y por el que habrá una demanda idónea en un futuro razonable cercano y que por los servicios que preste se obtenga el mayor rendimiento (en términos de dinero o uso).
7. **Principio de Sustitución:** Establece que el valor de mercado tiende a asentarse al tomarse como punto de referencia el costo de una propiedad substituta que es igualmente deseable, bajo el supuesto de que no haya ningún retraso al realizarse la substitución. Este principio por un lado sirve de base para los tres enfoques valuatorios: de costos, de ventas comparables de mercado y de ingresos (que se describen en la siguiente sección), por lo tanto, es una teoría económica que dice que un comprador prudente no pagaría más por el bien, que el costo de adquirir un sustituto igual o semejante, y por otro lado, tiende a establecer el valor justo de mercado.
8. **Principio de Uso Consistente:** De acuerdo con este principio, para valuar una propiedad raíz, la tierra y la edificación deben ser simultáneamente considerados, y la valuación se puede hacer con base a un solo uso para toda la propiedad. Así, un bien inmueble en transición a otro uso no deberá valuarse considerando un uso para la tierra y otro distinto para las mejoras o construcciones, sino un mismo uso para ambos.
9. **Principio de Homogeneidad:** Establece que el valor de mercado llega a su máximo en los lugares en que se logra un grado razonable de homogeneidad económica y social, como por ejemplo, en zonas

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

residenciales cuyos habitantes tienen un promedio homogéneo de edad, niveles de ingreso, educación, actitudes, etc.

10. **Principio del Incremento y Decremento de la Retribución:** Establece que la productividad excedente es el ingreso neto que queda después de haberse reducido los costos de los agentes de producción como son el trabajo, la administración y el capital. Así, el ingreso que se obtiene por la tierra es productividad excedente. El orden en que deben ser satisfechos los agentes de producción es el siguiente:
 - Trabajo, que implica salarios.
 - Organización, que corresponde a la administración y operación.
 - Capital, que implica mejoras.

En consecuencia, el valor de una propiedad está determinado por el balance de estos tres factores: trabajo (Salarios), organización (Gastos de operación), Capital (Interés) [2]. Por lo anterior es lógico notar que este principio está interrelacionado con los principios de equilibrio, de contribución y de beneficios variables.

11. **Principio de Contribución:** Plantea que el valor de un agente de producción, que suele ser un componente de la misma propiedad, depende de la medida que contribuya al valor total. Este principio es la base para determinar varias condiciones importantes, por ejemplo, el ajuste de ventas comparables, la determinación de la posibilidad o imposibilidad de reparar el deterioro físico y la obsolescencia funcional de la propiedad o la justificación para financiar una remodelación o modernización de la propiedad. El principio de contribución está relacionado con los principios de equilibrio, el de beneficios variables (que aumentan y disminuyen) y el de productividad excedente. En estas condiciones, se entiende que este principio establece entonces que el valor de un componente determinado de un inmueble se mide en términos de su contribución o aportación al valor de toda la propiedad. También se define como la cantidad que, de no existir el componente, se restaría del valor de la propiedad. El costo del

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

componente no necesariamente equivale a su valor, por lo que su aportación al factor valor puede ser menor o mayor a su costo.

12. **Principio de Exterioridades:** los factores externos a una propiedad pueden ejercer un efecto positivo o negativo sobre su valor. Cuando un producto o servicio afecta a un gran número de personas, por ejemplo cuando se trata de algo suministrado por el gobierno como pueden ser puentes y carreteras, los servicios esenciales son factores externos positivos, proporcionados muy eficientemente mediante adquisición del gobierno. Los factores externos negativos surgen cuando, a consecuencia de las acciones de otros, se imponen molestias a los propietarios.
13. **Principio de Temporalidad:** Reconoce que la vigencia del valor concluido en el avalúo corresponde con la fecha de certificación del mismo, sin embargo, para fines administrativos, el avalúo reconocerá seis meses de vigencia siempre que no cambien las características físicas del inmueble o las condiciones generales del mercado inmobiliario.

Adicionalmente a estos principios se puede, o en su caso, debe tomar en cuenta la Oferta y la Demanda, que consiste en la integración de estas fuerzas, determinadas la primera porque el incremento inesperado de la población en una zona incrementará la demanda y la segunda porque el incremento marcado en los intereses del capital para hipotecas reducirá la demanda.

1.3. Métodos y enfoques aplicados en la valuación

Existen varios tipos de avalúos, los más comunes son el comercial y el catastral. El primero es el dictamen técnico, practicado por una persona autorizada o registrada, que permite estimar el valor comercial de un inmueble, con base en su uso, características físicas, además de las características urbanas de la zona donde se ubica, así como la investigación, análisis y ponderación del mercado inmobiliario, y que reúna los requisitos de forma y contenido. Se realiza principalmente para apoyar

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

el cálculo de operaciones de mercado como compra-venta, financiamiento, arrendamiento, administración, seguros, etc., mientras que el dictamen técnico, practicado por una persona autorizada o registrada ante la autoridad fiscal, sirve para apoyar al contribuyente para solicitar la modificación de datos catastrales y permite determinar el valor catastral de un bien inmueble con base a sus características físicas (uso, tipo, clase, edad, instalaciones especiales, obras complementarias y elementos accesorios) aplicando los valores unitarios de suelo y construcciones, que emite el órgano legislativo de cada municipio.

Existen otros tipos de avalúos menos frecuentes, por ejemplo el avalúo fiscal, que se realiza principalmente en transacciones legales donde se indica el valor que le ha asignado el fisco a un bien y que por lo general es diferente al valor comercial; el avalúo judicial, que es el que se presenta ante un juez, y que se suelen emplear por o para expropiación, determinación de impuestos sobre la renta, sucesiones testamentarias, entre otras.

La práctica de la valuación establece tres enfoques básicos para valorar un inmueble: “costo (también llamado físico o directo), ingresos (que emplea el método de capitalización de rentas) y mercado, considerando en su aplicación aquellos factores o condiciones particulares que influyan significativamente en los valores, razonando y ponderando los resultados de la valuación por los enfoques utilizados en función de las características, condición y vocación del inmueble”⁴. Dichos enfoques son [2]:

1. **Enfoque de Costo:** se basa en la suposición de que los participantes en el mercado relacionan el valor con el costo. Este enfoque establece que el valor de un bien es comparable al costo de reposición o reproducción de uno nuevo igualmente deseable y con utilidad o funcionalidad semejante a aquél que se valúa. Se deberá tomar en consideración lo siguiente: terreno, (se deberá valorar como si estuviera baldío, según sus características

⁴ COMISIÓN NACIONAL BANCARIA Y DE VALORES, Circular 1462, 2000.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

físicas, de uso y de servicios), construcciones (se estimará el valor de reposición o de reproducción nuevo de las construcciones, tomando en cuenta sus características físicas; equipos, instalaciones especiales, accesorios), obras complementarias (se estimará el valor de reposición o reproducción nuevo de éstos, siempre que formen parte integral del inmueble, tomando en cuenta sus características físicas) y deméritos (se estimará la pérdida de valor debido al deterioro físico por edad y estado de conservación, para cada tipo de construcción apreciado y, en su caso, la obsolescencia económica, funcional y tecnológica del bien, de acuerdo con sus características particulares).

2. **Enfoque de Ingresos:** Este enfoque estima valores con relación al valor presente de los beneficios futuros derivados del bien y es generalmente medido a través de la capitalización de un nivel específico de ingresos. Se deberán considerar debidamente fundamentados y soportados, la tasa de capitalización utilizada, así como, renta real, renta estimada, deducción por vacíos, impuestos, servicios, gastos generales, entre otros. La estimación de la renta deberá hacerse en forma unitaria para cada tipo de construcción o, en su caso, por unidad rentable, debiendo estar sustentado en una investigación de mercado de rentas de bienes comparables.
3. **Enfoque de Mercado:** supone que un comprador bien informado no pagará por un bien más del precio de compra de otro bien similar. Se identificarán cuando menos tres bienes que presenten características y condiciones iguales o parecidas a las del bien valuado en la zona de ubicación del inmueble o en una zona similar y se especificarán claramente los factores de homologación que se vayan a utilizar. Esto aplica tanto para terrenos como para construcciones.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

1.3.1. Enfoque de costo físico o de valor neto de reposición

En este enfoque (que también se le suele llamar físico), la estimación del valor del inmueble se realiza mediante el análisis del costo de reposición o reproducción de la construcción del bien (por lo que se denomina también enfoque directo) sujeto nuevo, al que se le adiciona, en sus caso, un estimado del incentivo empresarial (indirectos del promotor), más el valor comercial del terreno sobre el que se desplanta, lo que representa en su conjunto el Valor de Reposición Nuevo (*VRN*), menos el costo que implicarían los efectos de su vida útil consumida y su estado de conservación (Deméritos), para obtener como resultado el Valor Neto de Reposición o Valor Físico (*VNR* o *VF*). Así, el enfoque de costo refleja los principios de Sustitución, de Homogeneidad, de Cambio, de Progresión y Regresión, de Incremento y Decremento de la Retribución, de Equilibrio y de Mayor y Mejor Uso.

Para emplear este método se deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Terreno: Se estima su valor en condiciones de baldío, según sus características físicas, de uso y servicios. Las variables que influyen en el valor del terreno son:
 - La zona, que es la ubicación dentro del área de valor específica.
 - La ubicación, en función de la posición del mismo en la manzana donde se ubica.
 - Medida del frente: el parámetro es la medida mínima que debe tener el terreno, según el reglamento correspondiente.
 - Forma de la superficie: para la mayoría de los casos la forma geométrica del terreno es de importancia, pues tiene que ver con la forma de la nave o *EI* que se puede implementar, incluyendo las áreas verdes, de estacionamientos, de oficinas, de carga y descarga, de operación, por citar algunas.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

- Otros: aquellos aspectos que el perito valuador considere, por ejemplo la topografía, el uso de suelo, intensidad de la construcción (*CUS*), entre otros.
- Construcciones: Se estima el valor de reposición, o de reproducción nuevo (*VRN*), de las construcciones, tomando en cuenta sus características físicas. Se requiere de un adecuado análisis de costos unitarios para la propiedad en cuestión, lo cual habitualmente es un proceso lento y costoso. Sin embargo, el Ingeniero Marqués recomienda el Método de Valuación por Puntos, que consiste en la estimación de valores unitarios por metro cuadrado, a través de la asignación por puntajes a los diferentes elementos de construcción en función de sus características particulares, conociendo de antemano el valor exacto a través de un presupuesto detallado, de la construcción tipificada como “moderna de calidad media”, a la que en base a sus características particulares le corresponda una calificación de 100 puntos. Contando con esa información, es posible estimar con una precisión razonable, el valor unitario de cualquier tipo de construcción que aparezca en la plantilla del cálculo de este método. Así, en términos generales, se deben considerar un conjunto de variables mínimo, de carácter físico o constructivo, y sus respectivos puntajes para emplear cualquier método. En la Tabla 1.1 se incluye, como referencia, los puntajes para algunas de las variables típicas para construcciones de tipo industrial.

También existe el método paramétrico que se ha desarrollado en el Instituto Mexicano de Valuación de Sinaloa, en el que a través de la densidad de muros de diferentes tipos de construcción, resulta de dividir la superficie de muros existentes en una construcción (incluyendo baños, puertas y ventanas), entre la superficie neta de construcción, se estiman valores unitarios aproximados de construcción [3].

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

COMPENDIO DE ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCIÓN			INDUSTRIAL		
			BUENO	ECONÓMICO	
Fábrica u obra gruesa	Albañilería	1	Cimientos	15	8
		2	Muros	2	1
		3	Entrepisos-techos	55	30
		4	Escaleras	1	1
		5	Aplanados Exteriores	1	1
		6	Pisos-lambrines	6	2
		7	Fachadas y complementos	1.5	1
	Estructura	8	Columnas y trabes		
		9	Superestructuras	10	5
Instalaciones	1	Sanitarias	2	1	
	2	Eléctricas	4	3	
	3	Diversas			
Acabados	1	Aplanados	7	3	
	2	Motivos decorativos			
Complementos	Herrería y carpintería	1	Puertas y ventanas	2	1
		2	Pisos		
		3	Amueblados y varios		
		4	Puertas y ventanas	6	3
		5	Barandales y Rejas	1	0.4
		6	Cerrajería	0.5	0.2
		7	Vidrios	1	0.4
		8	Pintura	4	2
		9	Motivos decorativos		
Puntos			119	63	
Estado de conservación (Buena, regular, malo), Años aproximado			BUENO	ECONÓMICO	
			DE 119 A 64	DE 63 A 30	

Tabla 1.1. Hoja de elementos de construcción.

Horst Karl Dobner [4], en su libro “*La Valuación de predios urbanos*”, clasificó los *El* tomando como criterio principal la característica de la estructura; tal clasificación se muestra en la siguiente tabla:

Clase	Densidad de acero
Económica	Menos de 12 kg/m ²
Ligera	De 12 a 35 kg/m ²
Mediana	De 35 a 60 kg/m ²
Pesada	Más de 60 kg/m ²

Tabla 1.2. Clasificación de edificios industriales según Horst Karl Dobner.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Uno de los aspectos más importantes para la estimación del *VNR* de un inmueble por el enfoque de costo, es el criterio de depreciación a aplicar. El método más aceptado es el criterio de Ross Heidecke, que consiste en calificar por separado el desgaste por edad y el demérito por el estado de conservación del inmueble; las causas de depreciación más comunes son las físicas (el desgaste y el estado de conservación o deterioro) y las funcionales (desaprovechamiento o ineptitud y obsolescencia).

Este criterio de Ross Heidecke [3] se expresa matemáticamente mediante la siguiente ecuación:

$$D = (VRN - VS) * 0.5 \left[\left(\frac{E}{VUT} \right) + \left(\frac{E}{VUT} \right)^2 \right], \quad (1.1)$$

donde *D* es la depreciación, *E* la edad (en años), *VS* es el valor de salvamento y *VUT* es la vida útil esperada (en años).

De acuerdo al glosario de INDAABIN, los elementos accesorios de un inmueble se definen como aquellos bienes muebles que resultan necesarios para llevar a cabo funciones específicas en inmuebles de uso especializado, y que terminan siendo parte del mismo. Ejemplos de éstos son pantalla de proyección, bóveda de seguridad, sistema de seguridad, etc.

Las instalaciones especiales son aquellos equipos adheridos o instalados permanentemente a un bien inmueble de uso común, por lo que terminan siendo parte inherente del mismo inmueble y, en cierta medida, indispensables para el funcionamiento de éste. Ejemplos de este tipo de instalaciones son elevadores, calefacciones y subestaciones, etc.

Las obras complementarias son aquellas que proporcionan amenidades o beneficios al inmueble.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Se estimará el valor de reposición o de reproducción de éstos (VNR), siempre que formen parte integral del inmueble, tomando en cuenta sus instalaciones físicas y especiales particulares.

Deméritos: Se estimará la pérdida de valor debido al deterioro físico por la edad y por estado de conservación, para cada tipo de construcción, equipos, instalaciones propias y especiales considerando, en su caso, la obsolescencia económica, funcional y tecnológica del bien de acuerdo con sus características particulares.

El Valor Final (VF) de un EI es aquel que contempla todas las contribuciones como la del terreno, el valor neto de reposición de los diferentes elementos constructivos, entre otros. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VF = VT + VNR_C + VNR_{EA} + VNR_{IE} + VNR_{OC}, \quad (1.2)$$

donde VT es el Valor Comercial del Terreno, VNR_C es el Valor Neto de Reposición de las Construcciones, VNR_{EA} es el Valor Neto de Reposición de los Elementos Adicionales, VNR_{IE} es el Valor Neto de Reposición de las Instalaciones Especiales y VNR_{OC} se refiere al Valor Neto de Reposición de las Obras complementarias.

Como referencia, en el Periódico Oficial del 17 de Diciembre de 2014, los valores catastrales de construcción, por m^2 , para el Municipio de Puebla [5], son los siguientes:

TIPO	CALIDAD	BUENO	REGULAR	MALO
INDUSTRIAL	BUENO	\$ 4 151.00	\$ 3023.00	\$ 2,297.00
	ECONÓMICO	\$ 2658.00	\$ 2080.00	\$ 1,367.00

Tabla 1.3. Valores catastrales de construcción, por m^2 , para el Municipio de Puebla, según el Periódico Oficial del 17 de diciembre de 2014.

Los valores catastrales citados en la tabla anterior variarán para los Municipios de San Pedro Cholula [6], Cuautlancingo [7] y San Andrés Cholula [8].

Los correspondientes valores para la valuación comercial que se proponen se muestran en la Tabla 1.4 [9].

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

TIPO	BODEGA	BODEGA	N. IND.	N. IND.	N. IND.
MODELO	3300	3305	3370	3375	5580
CLASE	2	3	4	4	4
AREA [m2]	1070	1915	3010	5190	8190
\$/M2	\$ 3462.61	\$ 3871.35	\$ 4535.91	\$ 4521.92	\$ 5991.80

Tabla 1.4. Propuesta de valores para la valuación comercial de construcción, por m².

1.3.2. Enfoque de ingresos

En este método se utiliza en avalúos para el análisis de bienes que producen rentas, la estimación del valor de un inmueble se realiza mediante el análisis potencial que el inmueble tiene para generar beneficios a futuro (rentas), derivados de su utilización como inmuebles de productos, tomando como base de mercado de rentas existente de bienes comparables con ese giro y se orienta a obtener, a través de la capitalización de esos beneficios, el capital o inversión equivalentes que se requieren para generarlos, utilizando una tasa de capitalización representativa del riesgo mismo. El análisis mencionado puede considerarse una capitalización directa (a perpetuidad), en donde una tasa de capitalización global, o todos los riesgos inherentes, se aplican al ingreso de un solo año, o bien, considerar una tasa de rendimiento o de descuento (que reflejan medidas de retorno sobre la inversión) que se aplican a una serie de ingresos en un periodo proyectado, a lo que se llama capitalización de flujo de efectivo.

Este enfoque refleja principalmente los principios de Cambio, de Homogeneidad, de Anticipación, de Progresión y Regresión, de Incremento y Decremento de la Retribución, de Equilibrio, de Competencia y de Mayor y Mejor Uso [2].

Para determinar el valor de la propiedad por este enfoque se emplea la Ec. (1.3) [10]:

$$V_{Cap} = \frac{R_{NA}}{T}, \quad (1.3)$$

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

donde V_{Cap} es el Valor de Capitalización, R_{NA} es la Anualidad (también conocida como Rentas Netas y que se determina como la diferencia de las Rentas Brutas y las Deducciones) y T es la Tasa Neta de Capitalización.

Por un lado, para calcular las Rentas Netas (R_{NA}) se debe hacer lo siguiente:

1. Determinar las áreas rentables por cada tipo de construcción. Para el cálculo de rentas de bodegas y naves industriales deberán considerarse áreas netas rentables, es decir, descontando pasillos, generales, áreas comunes, cubos de elevadores, etc., mismas que al determinar la renta de mercado, estas áreas ya se encuentran incluidas.
2. Estimar el valor unitario de renta (renta/m²) para cada una de las diferentes áreas rentables del inmueble de estudio. Éste se lleva a cabo fundamentalmente para determinar la renta apropiada para el inmueble en estudio y para elegir si se aplica la renta real o efectiva, que es la que produce el inmueble a la fecha o la renta del mercado. El contenido de referencias debe ser al menos de 4.
3. Estimar la renta bruta mensual. Una vez obtenida la renta bruta, por m², para cada uno de los diferentes tipos de construcción observados, se multiplica por su correspondiente superficie rentable.
4. Estimar las deducciones a la renta bruta mensual. Las deducciones serán consideradas de manera mensual y tendrán que ser acordes al inmueble en estudio y estar debidamente fundadas.

Las deducciones serán por los siguientes conceptos:

- Porcentaje de desocupación (Vacíos): Es el tiempo que permanece desocupado el inmueble antes de rentarse.
- Impuesto predial, se obtiene del valor de la propiedad indicado en la boleta predial.
- Gastos de administración: Incluye entre otros, los honorarios del administrador, del abogado y del contador, así como el sueldo de

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

la secretaria, y empleados diversos, depreciación de equipos de oficina, gastos de papelería, etc.

- Gastos de conservación, mantenimiento, energía eléctrica, agua y otros. Se deberán de prorratear estos costos de manera mensual.
- Seguros (en su caso).
- Impuesto sobre la renta. Para efectos de la determinación de este impuesto, deberá primero calcularse la base gravable, la cual se obtiene de restar a la renta bruta mensual, las deducciones autorizadas que permite la ley, para inmuebles en arrendamiento, las cuales son impuesto predial, y deducciones ciegas. Una vez determinada la base gravable, el impuesto sobre la renta se calcula conforme a procedimiento y tarifas vigentes de acuerdo a la siguiente tabla [11]:

Límite inferior	Límite superior	Cuota fija	Por ciento para aplicarse sobre el excedente del límite inferior
\$	\$	\$	%
0.01	496.07	0	1.92
496.08	4,210.41	9.52	6.4
4,210.42	7,399.42	247.24	10.88
7,399.43	8,601.50	594.21	16
8,601.51	10,298.35	786.54	17.92
10,298.36	20,770.29	1,090.61	21.36
20,770.30	32,736.83	3,327.42	23.52
32,736.84	62,500.00	6,141.95	30
62,500.01	83,333.33	15,070.90	32
83,333.34	250,000.00	21,737.57	34
250,000.01	En adelante	78,404.23	35

Tabla 1.5. Tarifa para el cálculo de los pagos provisionales que de deban efectuar durante el año 2015, tratándose de enajenación de inmuebles a que se refiere la Regla 3.15.4, de la Resolución de Miscelánea Fiscal para el 2015.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

5. Estimar la renta neta mensual. Es la que se obtiene al restar a la renta bruta mensual las deducciones que genera el negocio de arrendamiento para el inmueble en estudio.

Por otro lado, el cálculo de la Tasa Neta de Capitalización (T) se realiza de acuerdo al procedimiento técnico para la obtención de tasas de capitalización para la valuación de bienes inmuebles, publicado en el Diario Oficial del 12 de enero de 2009, que dice: “Es el índice que representa la relación entre el ingreso neto anual que produce un inmueble y el valor del mismo. Se considera que incluye el retorno “de” y “sobre” del capital invertido en el inmueble”.

Sin embargo, vale la pena resaltar que pese a que existen varios métodos para determinar T , las más empleadas son, sin que esto pretenda delimitarlas, las sugeridas en la Gaceta Oficial del D. F. Explícitamente tales métodos son los siguientes:

- Estimación de la tasa de capitalización con base al mercado
- Estimación de la tasa de capitalización de acuerdo a la Circular No. 1202 de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (C.N.B.V), aplicación de la tabla del ing. Bravo Bermejo.
- Cálculo de la tasa de capitalización mediante la suma de la tasa de amortización acumulada y de la tasa de interés neta.
- Opciones propuestas por el perito valuador para la estimación de la tasa de capitalización (por ejemplo con base a rendimientos sustitutos, riesgo y amortización).

En las siguientes secciones se describen los tres primeros métodos citados [10].

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

1.3.2.1. Estimación de la tasa de capitalización con base al mercado

Con base al análisis de inmuebles comparables al valuado que se ofrecen al mismo tiempo, tanto en renta como en venta, la Tasa Bruta de Mercado, TB_M , se determina mediante la Ec. (1.4):

$$TB_M = 12 \frac{R_{BM}}{VO_v}, \quad (1.4)$$

donde RB_M es la Renta Bruta Mensual de la referencia anualizada, VO_v es el Valor de la Oferta de Venta y el coeficiente 12 es el número de meses por año para anualizar la RB_M .

Una vez obtenida la TB_M , se deben descontar las deducciones (Ded , que representan en realidad el porcentaje de deducciones de la Tasa Bruta del inmueble valuado) que correspondan al inmueble que se valúa, obteniéndose así la Tasa Neta de Capitalización (según mercado) para efectos de cálculo, misma que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$T = TB_M - \left[\frac{Ded}{TB_M} \right], \quad (1.5)$$

donde T es la Tasa Neta de Capitalización (empleada antes en la Ec. (1.3)).

1.3.2.2. Estimación de la Tasa de Capitalización mediante la suma de las tasas de Amortización Acumulada y de Interés Neta

Para realizar la estimación de la T se requiere primero determinar el Valor de la Vida Útil Remanente del inmueble valuado (VUR), que se expresa en años. Éste se calcula mediante la siguiente expresión:

$$VUR = VP - E, \quad (1.6)$$

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

donde VP es la Vida Probable de la construcción nueva del inmueble valuado (expresado en años) y E es la Edad de la construcción del mismo. Posteriormente se determina la Tasa de Interés Neta (TIN), que debe considerar tanto para el terreno como para las construcciones, de acuerdo con las características físicas, económicas y fiscales del inmueble y que se define como la tasa correspondiente a las utilidades que perciben de un inmueble. La TIN , que es el resultado de estadísticas y no incluye la amortización que corresponde a la depreciación de las construcciones, se calcula con la siguiente ecuación:

$$TIN = \frac{\left[RN_A - \left(VC \left(\frac{1}{VUR} \right) \right) \right]}{VF} = \frac{RN_A - \frac{VC}{VUR}}{VF}, \quad (1.7)$$

donde RN_A es la Renta Neta Anual, VC es el Valor de las Construcciones y VF es el Valor Físico del inmueble. Con estos dos resultados se obtiene finalmente la Tasa de Capitalización como la suma de la Tasa de Amortización Acumulada (TAA) y la TIN .

1.3.2.3 Estimación de la Tasa de Capitalización mediante la Matriz del Ing. Bravo Bermejo

Es el más empleado en los avalúos para la estimación de T , de acuerdo a la Circular No.1202 de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, que retoma lo indicado en la Circular, la cual señala: “Se aplicará la tasa de capitalización que corresponda de acuerdo a edad y vida útil remanente de las edificaciones, uso y destino de las mismas estado de conservación, calidad de proyecto, zona de ubicación, oferta, demanda, calidad de las construcciones y otros”. La aplicación de estos conceptos, para efectos del cálculo de T es común en el medio de la valuación, y generalmente se presenta en una tabla (como la que muestra, a manera de ejemplo, en la Tabla

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

1.5) compuesta por 7 conceptos, cuya calificación se obtiene según el uso del inmueble que se valúa.

Es importante mencionar que este procedimiento, que permite la estimación de tasas, tiene sus limitantes respecto a la consistencia con la realidad comercial, por lo que el perito valuador deberá determinar la conveniencia de su aplicación.

CONCEPTO	T A S A S					
	9%	10%	11%	12.0%	13%	14%
EDAD (años)	0-5	5-20	20-40	40-50	50-60	MAS DE 60
Calificación			1			
VIDA ÚTIL REMANENTE	MAS DE 60	50-60	40-50	20-40	5-20	TERMINADA
Calificación				1		
ESTADO DE CONSERV.	NUEVA	MUY BUENO	BUENO	NORMAL	MALO	RUINOSO
Calificación			1			
PROYECTO	MUY BUENO	BUENO	ADECUADO	REGULAR	MALO	PÉSIMO
Calificación			1			
REL. SUP. (TERR-CONST)	Const > Terr MAYOR 3-1	Const > Terr HASTA 3-1	Const > Terr HASTA 2-1	Terr = Const.	Terr > Const HASTA 3-1	Terr > Const MAYOR 3-1
Calificación			1			
USO DEL INMUEBLE	CASA	EDIF. PROD.	DEPTO/CASA	OFNA/LOCAL	OFNA/LOCAL	BODEGA/
INMUEBLE	UNIF.	HAB-COM.	CONDOMINIO	CONDOMINIO	UNIF.	INDUSTRIA
Calificación						1
CLASIF. ZONA	LUJO	1er ORDEN	2o. ORDEN	3er ORDEN	PROL. SERV.COM.	Proll. SERV/INC.
Calificación				1		
SUMA CALIF.	0	0	4	2	0	1
CAPITALIZACIÓN	1.28571	1.42857	1.57143	1.71429	1.85714	2.00000
TASAS PARCIALES	0.00000	0.00000	6.28571	3.42857	0.00000	2.00000
					Tasa de Capitalización	11.71%

Tabla 1.6. Ejemplo del cálculo de Tasa de Capitalización que incluye o considera los 7 conceptos: Edad, Vida Útil Remanente, Estado de Conservación, Proyecto, Relación Superficie (Terreno-Construcción), Uso del Inmueble y Clasificación (por Zona).

El Ingeniero Marqués sugiere las tasas de capitalización para inmuebles propuestas en las convenciones de la Asociación Nacional de Institutos Mexicanos de Valuación A. C., celebradas en México [3], distinguiendo porcentajes para diferentes condiciones del inmueble, por ejemplo para bodega, como se muestra en la siguiente Tabla:

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

	TASAS				
INMUEBLE	ÓPTIMO	BUENA	MEDIA	DEFICIENTE	MALA
BODEGA	10%	11%	12%	13%	14%

Tabla 1.7. Tasas de capitalización para *El* según el Ing. Marqués.

En el diario oficial del 12 de enero de 2009 [12], recomiendan las siguientes tasas de capitalización:

Rangos recomendados para tasas de capitalización		
Tipo de inmueble	Mínima	Máxima
Naves Industriales	9%	15%

Tabla 1.8. Tasas de capitalización recomendadas por el Diario Oficial del 12 de Enero de 2009.

1.3.3. Método Estadístico

Los métodos estadísticos multivariantes [9] sirven para determinar la relación entre dos o más variables, en base al análisis de la relación o dependencias de una variable respecto a una o varias otras variables. Este tipo de análisis o métodos son el de Regresión Múltiple y el Análisis de Varianza.

El método de Regresión Múltiple consiste en relacionar, por medio de funciones, las diferentes características importantes de la propiedad y calcular sus valores absolutos. Este propósito se logra ajustando un modelo mutivariante a un número n de registros de valores (por ejemplo compra-ventas).

De los múltiples casos de modelos multivariantes el más empleado es el lineal, que se puede expresar en términos generales mediante la siguiente ecuación:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + \varepsilon, \quad (1.8)$$

donde y , que es la variable dependiente, puede representar el valor de la propiedad, los coeficientes $b_j, j=1, \dots, n$, son los coeficientes asociados a los descriptores o variables independientes, es decir, son parámetros en términos de valores

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

numéricos con sus respectivas unidades, los x_j , que son las variables independientes, representan las características de las propiedades, como dimensiones del terreno, superficie construida, etc., y ε es el error de la estimación. El ajuste se logra determinando, en el modelo, los valores de los $n+1$ coeficientes, mediante cualquiera de los siguientes métodos:

1. Método de Mínimos cuadrados: se minimiza la suma de los cuadrados de las diferencias entre los valores calculados y los valores registrados en la realidad.
2. Método de máxima probabilidad: se maximiza la probabilidad de que los valores estimados sean los más factibles.

En este trabajo se emplea el Método de Mínimos Cuadrados para lograr el objetivo buscado y se describen todos los detalles relacionados en el siguiente capítulo.

1.4. Criterios a aplicar para la valuación de bodegas y naves

Los fines de una casa habitación son muy diferentes a los de un edificio industrial. Mientras en la primera el uso es para descanso, esparcimiento y convivencia familiar, en el segundo se busca eficiencia y rentabilidad. Por este motivo, las variables que influyen en el valor de los mismos es natural que sean en general diferentes.

Para encontrar las variables que influyen de manera más importantes en el valor de un *EI*, hay que entender que las empresas buscan eficiencia y costos bajos, filosofía considerada en el modelo Justo a tiempo (*Just in Time*) [13], propuesto por Taiichi Ohno e implementado por Toyota, adoptado las empresas japonesas en la década de los 70's y por el resto del mundo en los 80's, basado en la filosofía de "eliminar el desperdicio" lo cual se define como: "Producir los elementos que se necesitan, en cantidades que se necesitan, en el momento que se necesitan". Con este método se ha logrado la reducción de los tiempos de fabricación y minimizar

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

los tiempos de entrega.

Para minimizar los tiempos de entrega, la función logística ha dado respuesta a la necesidad de ver todas las operaciones de la cadena logística entre cliente y proveedor de una forma integradora. “La logística se define como una parte del *Supply Chain Management* que planifica, controla e implementa de manera eficiente y eficaz el flujo y almacenamiento de materia prima, productos en proceso y productos terminados, con la información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, a fin de satisfacer las necesidades de los clientes”.

Una buena gestión logística conseguirá ventajas claves sobre la competencia, algunas de estas ventajas son la **calidad** (especificaciones técnicas de ingeniería de la elaboración del producto y/o servicios, de acuerdo a las exigencias, necesidades y aspiraciones de sus clientes, con el objetivo final de brindar satisfacción), **servicio** (canales de distribución, valores añadidos al producto a un mismo precio, rápida respuesta al cliente), **costos** (alto grado de utilización de la capacidad, mayor rotación de activos, mayor productividad en las operaciones de aprovisionamiento, fabricación, distribución y una interrelación con los proveedores y clientes.) y un nivel de **diferenciación**.

1.4.1. Diferencia entre bodega (*Bod*) y nave industrial (*NI*)

El término edificio industrial (*EI*), se refiere a una bodega (*Bod*) y/o nave industrial (*NI*). ¿Pero cuál es la diferencia entre ellas? según el diccionario de la Real Academia Española [14], una “bodega”, es “lugar donde se depositan géneros”, es decir, un lugar para almacenar, la palabra compuesta “nave industrial” no aparece en el diccionario, pero en el contexto mexicano se entiende que es un edificio de uso industrial que sirve para albergar la producción y/o almacenar los bienes industriales, junto con los obreros, la maquinaria, el transporte interno, la salida y entrada de mercancías, etc., de una empresa.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Sin embargo, en la Norma Mexicana **NMX-R-046-SCFI-2011** [15], “una nave industrial es la instalación física o edificación diseñada y construida para realizar actividades industriales de producción, transformación, manufactura, ensamble, procesos industriales, almacenaje y distribución”.

No obstante en cuanto a sus fines, una bodega y una nave industrial parecen ser los mismos, en este trabajo se entiende como bodegas, a aquellos edificios cuyos muros de carga se levantan con ladrillos o mampostería, a veces con la inclusión de pilares (o columnas) que fortalecen la estabilidad lateral de los muros, usualmente limitados a una planta estrecha y alargada. El soporte de la edificación se logra apoyando la cubierta de forma continua a lo largo de los muros que ejercen una doble función: por un lado, son elementos de cerramiento que delimitan el espacio interior del exterior a la bodega, y por otro lado, fungen como elementos estructurales que deben resistir las cargas. Las distancias libres entre elementos estructurales verticales (columnas o muros) es corta, las distancias libres entre el piso y los elementos estructurales horizontales (altura) es normalmente en muros de 4 m y columnas metálicas o de concreto normalmente no mayor a 7 m. El sistema de cubierta se complementa con láminas galvanizadas muy delgadas, de asbesto o cascarones de concreto, y los elementos horizontales son estructuras ligeras de armaduras de acero o madera. Últimamente se han reemplazado las estructuras con sistemas de techado de lámina de acero en forma de arco (arco-techo) o techo sin estructura. Los pisos en general son de concreto armado no muy gruesos ni resistentes.

Las soluciones arquitectónicas tradicionales (bodegas), no pudieron satisfacer las crecientes necesidades de la incipiente industria: grandes espacios productivos, mayor iluminación, funcionalidad, alturas, etc. Es por eso que surge en el segundo tercio del siglo XX la arquitectura industrial, aportando nuevos tipos estructurales y utilizando los avances en siderurgia y técnicas de unión. Adicionalmente, el uso del acero como material estructural ha permitido crear un abanico de combinaciones, pues pueden mantenerse los tradicionales muros de carga introduciendo el acero

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

en las cubiertas, emplearse columnas de fundición (que permiten que el apoyo del edificio no se realice sobre elementos continuos como un muro de carga, sino sobre elementos lineales como las columnas o pilares), combinarse los muros de carga con los soportes (pilares) metálicos, o incluso, construir un inmueble de este tipo completamente metálico, utilizando profusamente las estructuras metálicas. Estos elementos se elaboran de perfiles de acero triangulados con uniones remachadas, que permiten alcanzar grandes claros.

Por lo tanto, las naves industriales en general, se sitúan en terrenos especialmente autorizados y conocidos como parques industriales, habilitados con suelos de uso industrial por los planeamientos de ayuntamientos. Los parques industriales tienen la particularidad de contar con una serie de servicios comunes, como pueden ser: vigilancia, abastecimiento de energía eléctrica, abastecimiento de agua con diversos tipos de tratamiento, en función del uso que se le quiera dar, como, por ejemplo, para uso potable, para calderas, o para enfriamiento, etc. De lo anterior entonces es fácil distinguir entre una bodega y una nave industrial.

1.4.2. Definición de variables que influyen en el valor de un *EI*

Los manuales de valuación consultados están enfocados a la valuación de terrenos y construcciones para uso principalmente habitacional y comercial.

No obstante que para la elaboración de este trabajo, no se ha encontrado información específica en valuación de *EI*, sin embargo, en este apartado se realiza la propuesta de variables para la valuación de un *EI*, mismas que por el método estadístico de Regresión Lineal podrán ser aceptadas o descartadas, según lo que aporten en el valor del mismo. En la Tabla 1.9 se describen las variables para cada uno de los enfoques valuatorios (algunas ya mencionadas anteriormente), y otras variables que consideramos deben tomarse en cuenta.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

La propuesta (de origen propio) agrupa las variables planteadas de la siguiente forma:

- Variables de capacidad (C): grupo de variables relacionadas con el espacio físico, las dimensiones de su superficie y altura (maniobras, almacenamiento, embalaje, estiba, oficinas, talleres, estacionamiento, etc.). De estas variables se describen a continuación las que se consideran de mayor importancia.
 - Superficie de terreno (C_t): El área total de terreno, incluye el área techada y la no techada.
 - Superficie de patio de maniobras (C_{pm}): generalmente no es techada, y se utiliza para la carga y descarga, estacionamiento y maniobras de los vehículos de transporte.
 - Superficie (C_s): es el área techada aprovechable del EI .
 - Altura (C_a): En el techo de un EI se tiene que dejar una pendiente para el escurrimiento de la precipitación pluvial, por lo que existen al menos dos alturas, una mínima o lateral (C_{Am}), definida como la distancia del piso a la parte baja de la rodilla y una máxima (C_{AM}), que se refiere a la distancia del piso a la parte más alta del techo (cumbre).
 - Relación frente-fondo (C_{Ff}): El cociente de la longitud del frente del terreno (F) entre el fondo (f) del mismo.
- Variables de logística. La misión fundamental de la logística empresarial es maximizar la rentabilidad del EI , para ello es fundamental la previsión de la actividad en los centros logísticos, el almacenamiento, costo, caducidad y calidad de las mercancías, el traslado de mercancías de un lugar a otro del almacén, con los recursos y equipos necesarios, la preparación de los pedidos y la ejecución de cross docking (tránsito), transporte de distribución hasta el cliente, el flujo correcto de los bienes para que se pueda realizar la relación costo/beneficio.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Clasificación	Variable	Costo	Ingreso	Mercado	Propuesta
TERRENO	Zona	✓		✓	✓
	Ubicación	✓		✓	✓
	Frente	✓		✓	✓
	Forma	✓		✓	✓
	Superficie	✓		✓	✓
	Topografía	✓		✓	✓
	Uso de Suelo	✓		✓	✓
	Localización	✓		✓	✓
	Jerarquía Vial				✓
	Flujo vehicular				✓
	Comercialización	✓		✓	✓
	Servicios	✓		✓	✓
	P. maniobras				✓
	CONSTRUCCIÓN	Superficie	✓	✓	✓
Edad		✓		✓	✓
Vida útil		✓		✓	✓
Conservación		✓		✓	✓
Proyecto		✓		✓	✓
Comercialización		✓			✓
Altura					✓
Frente/fondo					✓
Acceso					✓
Resist. Piso					✓
Seguridad					✓
Elem. Acc. e Inst. Esp		✓			✓
OTROS	Renta bruta		✓		✓
	Desocupación		✓		✓
	Importe de I. Predial		✓		✓
	Gastos de administración		✓		✓
	Gastos de mantenimiento		✓		✓
	I.S.R		✓		✓
	Seguros		✓		✓
	Tasa de capitalización		✓		✓

Tabla 1.9. Tabla con las variables comúnmente empleadas para cada uno de los enfoques valuatorios.

En este caso se consideran las siguientes variables:

- Ubicación: se refiere a la zona de la Ciudad en la que se encuentra el *EI*. Si bien el título del trabajo se refiere a bodegas y naves en la

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Ciudad de Puebla, no se descartan zonas aledañas de importancia, por lo que la ubicación que se considera es a partir del zócalo de la Ciudad, hasta una distancia de aproximadamente 15 km hacia los cuatro puntos cardinales, formando un cuadro que contiene al norte los límites Puebla-Tlaxcala, al sur el Lago de Valsequillo, al poniente el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica y por el oriente la carretera Federal a Tehuacán, limitando con el anillo periférico. Lo anterior se resume las siguientes zonas específicas y se muestra en la Figura (1.1):

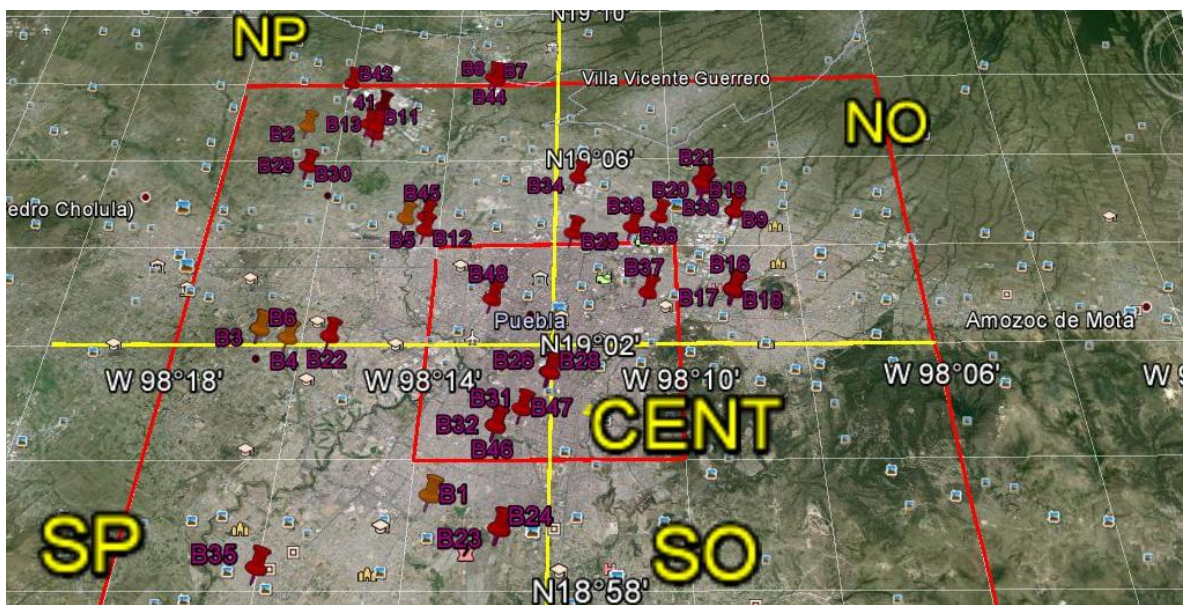


Figura 1.1. Descripción de los límites de estudio.

- ✓ Zona centro (CENT) del zócalo de la ciudad: el cuadrado que comprende 3.5 km al este, 3.5 km al oeste, 3.5 km al norte y 3.5 km al sur.
- ✓ Zona nororiente (NO) del zócalo: el cuadrado del lado nororiente que comprende 15 km al este, quitando el área de zona centro.
- ✓ Zona norponiente (NP) del zócalo: el cuadrado del lado norponiente que comprende 15 km al oeste, quitando el área de zona centro.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

- ✓ Zona suroriente (SO), el cuadrado del lado suroriente que comprende 15 km al este, quitando el área de zona centro.
- ✓ Zona surponiente (SP), el cuadrado del lado surponiente que comprende 15 km al este, quitando el área de zona centro.
- Vías de acceso o Jerarquía vial (L_{JV}): Se manejan las siguientes vialidades:
 - ✓ Vialidad Subregional (L_{JS}),
 - ✓ Vialidad principal (L_{Jp}),
 - ✓ Vialidad local (L_{Jl}),
 - ✓ Vialidad de penetración o cluster (L_{Jn}).

En la Tabla 1.10 se muestran los diferentes tipos de vialidades consideradas en los criterios metodológicos para la valuación de terrenos urbanos [16].

- Entrada (LE): La Norma Oficial Mexicana, NOM-012-SCT-2-2008 proporciona las dimensiones máximas de los vehículos para la circulación, misma que se considerará como el mínimo requerido, y que es de 2.60 m, este ancho máximo no incluye los espejos retrovisores, elementos de sujeción y demás aditamentos para el aseguramiento de la carga. Estos accesorios no deben sobresalir más de 20 cm a cada lado del vehículo, por lo tanto el ancho mínimo será de 3.0 m. La altura máxima autorizada para todas las clases de vehículos que transiten en los diferentes tipos de caminos será de 4.25 m, que será la altura mínima a considerar en el EI . En la Tabla 1.11 se muestran, a manera de ejemplo, las configuraciones T3-S2-R2 y T3-S2-R4 de la NOM-012-SCT-2-2008.

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

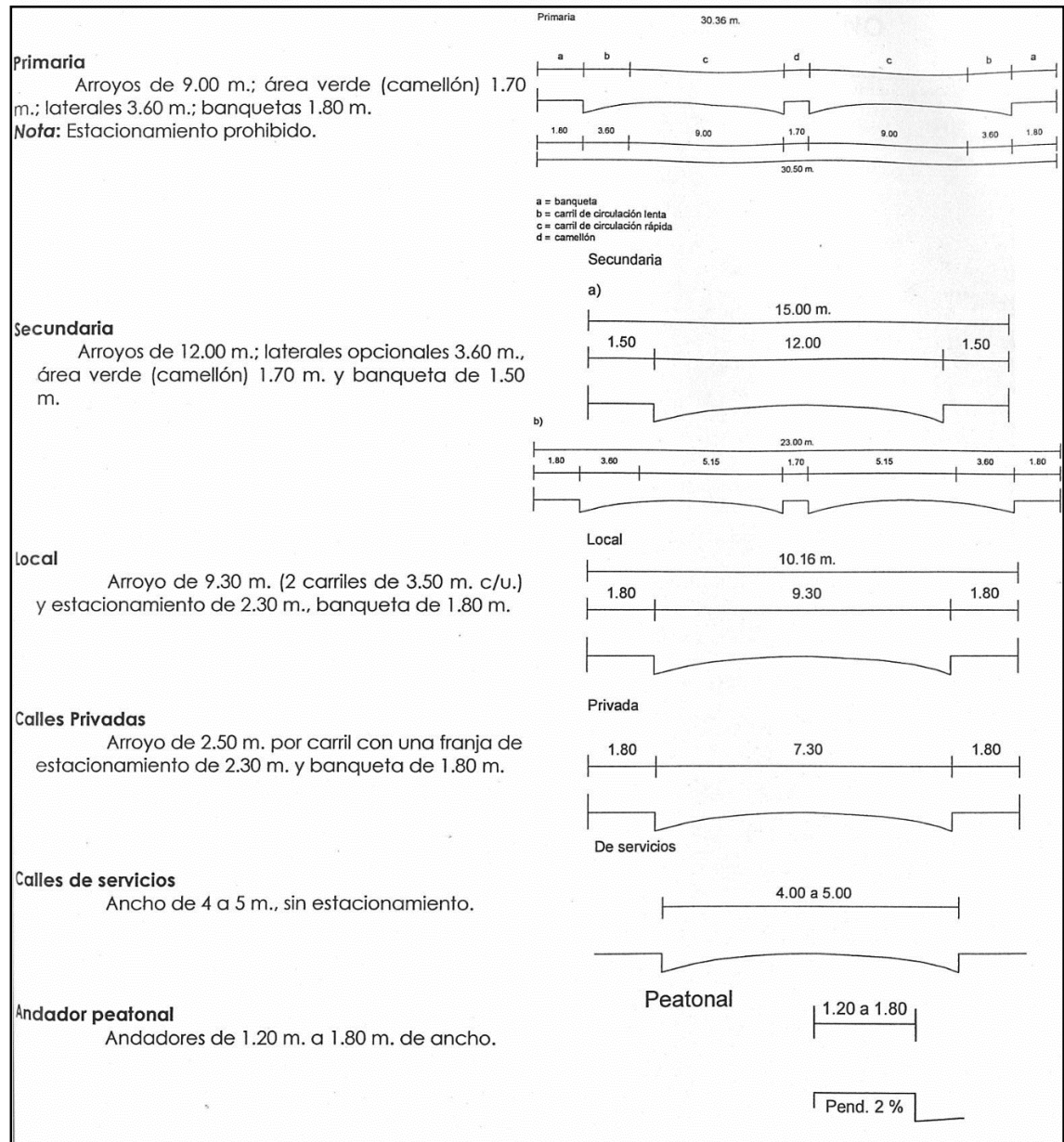


Tabla 1.10. Jerarquía Vial con los criterios metodológicos para la valuación de terrenos urbanos, según el Ing. Marquez.

- Zona (LZ): El lugar donde se encuentra de acuerdo a la siguiente clasificación [15]:
 - ✓ H21, H4I, habitacional industria mezclada (superficie lote moda 500m²),
 - ✓ IV, Industria vecinal (superficie lote moda 500m²),
 - ✓ IA, Industria aislada (superficie del lote moda 2000 m²).

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves


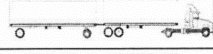
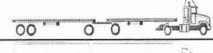



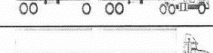
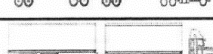

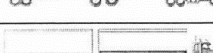
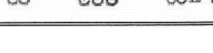
TRACTOCAMION SEMIRREMOLQUE-REMOLQUE (T-S-R)			
NOMENCLATURA	NÚMERO DE EJES	NÚMERO DE LLANTAS	CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO
T2-S1-R2	5	18	
T2-S2-R2	6	22	
T2-S1-R3	6	22	
T3-S1-R2	6	22	
T3-S1-R3	7	26	
T3-S2-R2 ⁽¹⁾	7	26	
T3-S2-R3	8	30	
T3-S2-R4 ⁽¹⁾	9	34	
T2-S2-S2	6	22	
T3-S2-S2	7	26	
T3-S3-S2	8	30	

Tabla 1.11. Configuraciones T3-S2-R2 y T3-S2-R4 de la NOM-012-SCT-2-2008.

- Uso de suelo: a menudo es utilizado para referirse a los distintos usos de la tierra en zonificaciones. (Para este fin, de acuerdo al Manual de Valuación Comercial del Instituto de Catastro del Estado de Puebla [18], los para terrenos de edificios industriales son comercial alta (UC06), comercial media (UC07), comercial baja (UC08), parque industrial (UI09), corredor industrial (UI10).)
- Servicios: Se refiere a la infraestructura en la zona. Algunos de los servicios más importantes a considerar son el de Agua potable (S_a) (si existe red de agua potable, pero en el EI no se ocupa demasiada agua para procesos industriales (como puede ser una planta de acabado textil), puede ser suplida por cisternas, o con pozos, como en la zona de VW), Electrificación (S_e), Drenajes y alcantarillado (S_d) (por ejemplo en la zona de VW no hay red de drenaje y éste se ha sustituido por fosas sépticas), Red Telefónica e Internet, Material del Arroyo (S_a) (si los caminos de acceso están pavimentados y el tipo de los mismos),

Capítulo 1: Conceptos fundamentales para la valuación de bodegas y naves

Alumbrado Público (S_{ap}), Gas Natural (S_{gn}), Transporte Público (S_t) (ya que es importantísimo para el personal que labora en las empresas que exista transporte público en la zona, y en diferentes horarios, para poder cubrir los turnos).

- Seguridad: Por la situación que atraviesa el país cada vez es más necesario implementar medidas de seguridad y que la zona esté vigilada. Contempla o incluye a la Caseta de Vigilancia (G_{CV}) y el Índice de Delincuencia de la Zona (G_{DZ}).
- Elementos Constructivos: Este rubro o variable se refiere mayormente a la existencia de instalaciones propias (por ejemplo elevadores, montacargas, escaleras electromecánicas, equipos de aire acondicionado, equipo de lavado, sistema hidroneumático, riego por aspersión, sistema de sonido ambiental, bóvedas de seguridad, subestación eléctrica, sistemas de intercomunicación, pararrayos, sistemas contra incendios, equipos de seguridad, calderas); elementos y accesorios (horno industrial móvil, depósito de combustible, planta de luz de emergencia, cámaras frigoríficas, portones de operación eléctrica, equipos de bombeo, gas estacionario) y obras complementarias (bardas, celosías, cisternas, bóvedas de seguridad hechas en obra, hornos hechos en obra, espuela de ferrocarril, cámaras frigoríficas hechas en obra, etc.).
- Elementos Accesorios: Algunos de estos elementos son la Capacidad de la Cisterna (S_c , además del abastecimiento de agua potable es muy importante la capacidad de almacenamiento de la cisterna, que se mide en m^3), el área de oficinas (que se mide en m^2), el número de andenes (L_{Da}) y de rampas (L_{Dar}), ambos medidos en unidades.

Capítulo 2

Formalismo Matemático

Método de Regresión Lineal Múltiple

En este capítulo se presentan tanto el formalismo matemático como los procedimientos estadísticos necesarios a emplear, para la obtención de resultados. Debido a que en general cualquier tratamiento estadístico de esta índole requiere una gran cantidad de cálculos, algunos de los detalles son omitidos. Más aún, para el análisis de tales datos se emplea un software de cómputo que facilita los cálculos extensos que se requieren, sin embargo, la explicación de los resultados que éste arroja se explica en el siguiente capítulo.

2.1. Análisis de Regresión Múltiple

El Análisis de Regresión Múltiple (ARM) se emplea para determinar la relación funcional entre varias variables, una de ellas dependiente y el resto independientes [17, 18, 19]; esto presenta ventajas contra el uso de la Regresión Lineal Simple (RLS), ya que nos permite considerar más variables que nos llevan a realizar una mejor estimación sobre la relación funcional de las diferentes variables que se consideran. El método consiste en realizar una hipótesis y posteriormente poner a prueba los resultados de esta hipótesis considerando distintas pruebas estadísticas de bondad sobre el modelo obtenido. En términos generales decimos que la hipótesis empleada en el ARM se puede expresar de la siguiente manera:

Hipótesis: El modelo de RM (MRM) tiene la forma

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p + \varepsilon, \quad (2.1)$$

donde

β_i : son los coeficientes del modelo,

x_i : son las variables del modelo y

ε : es una variable aleatoria que representa el error del modelo con respecto a la situación real; también explica la variabilidad en y que no puede explicar el efecto lineal de las p variables independientes.

Para que el MRM tenga aplicación es menester establecer una ecuación de Regresión Múltiple (ERM). Para esto se utilizan los siguientes dos supuestos:

- El valor esperado (o media) de los errores es cero, esto es $E(\varepsilon) = 0$.
- Para los valores dados de x_1, x_2, \dots, x_p el valor esperado (o media) de y es

$$\bar{y} = E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_p x_p. \quad (2.2)$$

Capítulo 2: Formalismo Matemático

Si se conocieran los valores de los β_i , se podría emplear la ecuación anterior para calcular \bar{y} dados los valores de x_1, x_2, \dots, x_p . Sin embargo, esto no es posible en la práctica, porque es imposible conocer de antemano los valores de los parámetros β_i . Por lo tanto, solo es posible su estimación desde el punto de vista estadístico, (para lo cual se emplean los valores de una muestra) a través de lo que se denomina sus estimadores puntuales, b_i . El proceso de estimación para la RM se presenta en la siguiente figura para el caso de $p=2$. (dos variables independientes.)

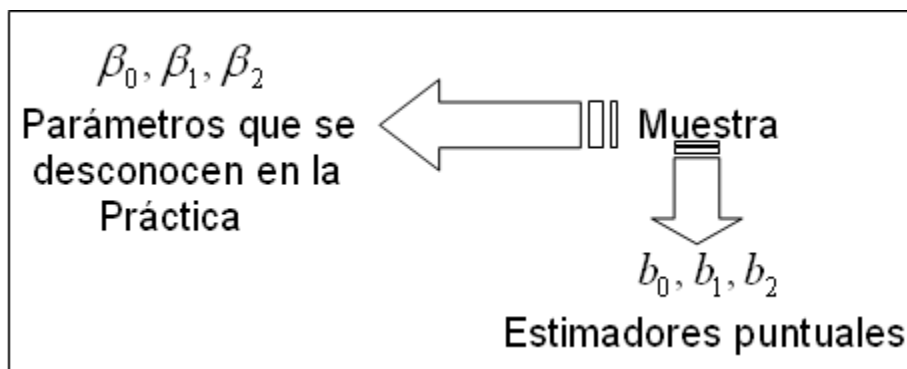


Fig. 2.1 Proceso de estimación para la RM.

De acuerdo con la figura 2.1, se tiene entonces que los b_0, b_1, b_2 son los estimadores puntuales de los β_0, β_1 y β_2 , y la ERM para dos variables independientes es de la forma

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2.$$

Para calcular los estadísticos de la muestra que se emplean como estimadores puntuales de los parámetros se utiliza una muestra aleatoria. Estos estadísticos dan como resultado una ecuación conocida como Ecuación de Regresión Múltiple Estimada (ERME).

La ERME, para p variables en general tiene la forma:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_p x_p, \quad (2.3)$$

Capítulo 2: Formalismo Matemático

donde \hat{y} es el valor estimado de la variable dependiente y los b_i son los estadísticos muestrales que se emplean como estimadores puntuales de los β_i .

Posteriormente se emplea el Método de Mínimos Cuadrados (MMC) para obtener la ERME que más se aproxima a la relación lineal entre las variables dependiente e independientes. Este método se explica a continuación en la siguiente sección.

2.2. Método de Mínimos Cuadrados para la RM

En esta sección se explica la forma de emplear el MMC para obtener la ERME que más se aproxima a la relación lineal entre las variables involucradas.

El criterio del MMC para el problema es el de minimizar el cuadrado de las desviaciones de los valores observados de la variable dependiente en la i -ésima observación con respecto a su valor estimado. Esto es

$$\min \sum (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (2.4)$$

donde

y_i es el valor observado de y en la i -ésima observación,

\hat{y}_i es el valor estimado de y en la i -ésima observación.

Vale la pena recordar que los valores estimados de la variable dependiente, y , se calculan con la ERME (Ec. (2.3)).

Como lo indica la Ec. (2.4), el MMC utiliza datos de la muestra para determinar los valores de los estadísticos muestrales b_i , que se emplean como estimadores puntuales de los parámetros β_i .

La deducción de las expresiones para calcular los coeficientes de regresión, b_i , requiere del uso de Álgebra de matrices y no es de fácil manipulación, aún para conjuntos pequeños de observaciones, por lo que, para fines prácticos, se emplea

un programa de cómputo para obtener la ERME, así como otros resultados que se emplean en el análisis de los datos y que se describen más adelante en el presente capítulo.

2.3. Coeficiente de Determinación Múltiple

Un cálculo que es de especial importancia en RM es la suma de cuadrados del total (SST). Esta suma se puede dividir en dos componentes, la suma de cuadrados debida a la regresión (SSR) y la suma de cuadrados debida al error (SSE). La relación entre estas sumas se presenta a continuación.

2.3.1. Relación entre SST , SSR y SSE

Se puede demostrar que

$$SST = SSR + SSE, \quad (2.5)$$

donde

$$SST = \text{suma de cuadrados del total} = \sum (y_i - \hat{y})^2,$$

$$SSR = \text{suma de cuadrados debida a la regresión} = \sum (\hat{y}_i - \bar{y})^2 \text{ y}$$

$$SSE = \text{suma de cuadrados debida al error} = \sum (y_i - \hat{y}_i)^2.$$

Es importante mencionar que estas sumas son difíciles de calcular, por lo que el uso de un programa de cómputo es de gran ayuda para determinarlas.

Para medir la bondad del ajuste para la regresión es menester determinar el Coeficiente de Determinación Múltiple (CDM), que se define como

$$CDM \equiv R^2 \equiv \frac{SSR}{SST}. \quad (2.6)$$

Este coeficiente se puede interpretar como la proporción de la variabilidad de la variable dependiente que se puede explicar con la ERME (o simplemente ER). Por lo tanto, cuando se multiplica por 100, se interpreta como la variación porcentual de y que se explica con la ER. Sin embargo, para evitar sobreestimar el impacto de agregar una variable independiente al modelo sobre la cantidad de variabilidad que explica la ER (se puede ver que en general, R^2 aumenta siempre a medida que se agregan variables independientes al modelo), se puede emplear el CDM ajustado (denotado por R_a^2). Si n es la cantidad de observaciones y p la cantidad de variables independientes, el CDM ajustado se calcula como sigue:

$$R_a^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p-1}. \quad (2.7)$$

2.3.2. Coeficiente de correlación

La correlación como análisis es el conjunto de técnicas estadísticas empleado para medir la intensidad de la asociación entre dos o más variables. Por lo tanto, el principal objetivo del análisis de correlación consiste en determinar la relación entre la variable dependiente y alguna de las “variables independientes” o bien, la relación entre éstas últimas. La medida de esta relación se hace a través del coeficiente de correlación. Existen diferentes índices de correlación; en el caso de dos variables, una dependiente (y) y la otra independiente (x), se emplea el coeficiente de correlación de Pearson, R_{xy} , definido como

$$R_{xy} \equiv (\text{signo de } b_1) \sqrt{R^2}. \quad (2.8)$$

Los valores de R_{xy} oscilan entre +1 y -1.

Así, R_{xy} representa una relación positiva (negativa) perfecta cuando tiende a +1 (-1), es decir, más fuerte será la asociación lineal entre las dos variables, pero en el

Capítulo 2: Formalismo Matemático

caso en que dicha relación tienda a cero, significa que x é y no tienen relación lineal alguna.

En términos generales lo que se busca es explicar el comportamiento de una variable dependiente, y , en términos de más de una variable, por ejemplo, x_1, x_2, \dots, x_p las cuales pueden guardar o no relación (lineal) alguna entre sí.

Para mostrar de manera somera y gráfica como es la situación, se toma nuevamente el caso en que $p=2$, esto es, empleando el modelo descrito al inicio del presente capítulo (ver Sección 2.1), se espera que la variable dependiente varíe linealmente con las dos variables independientes.

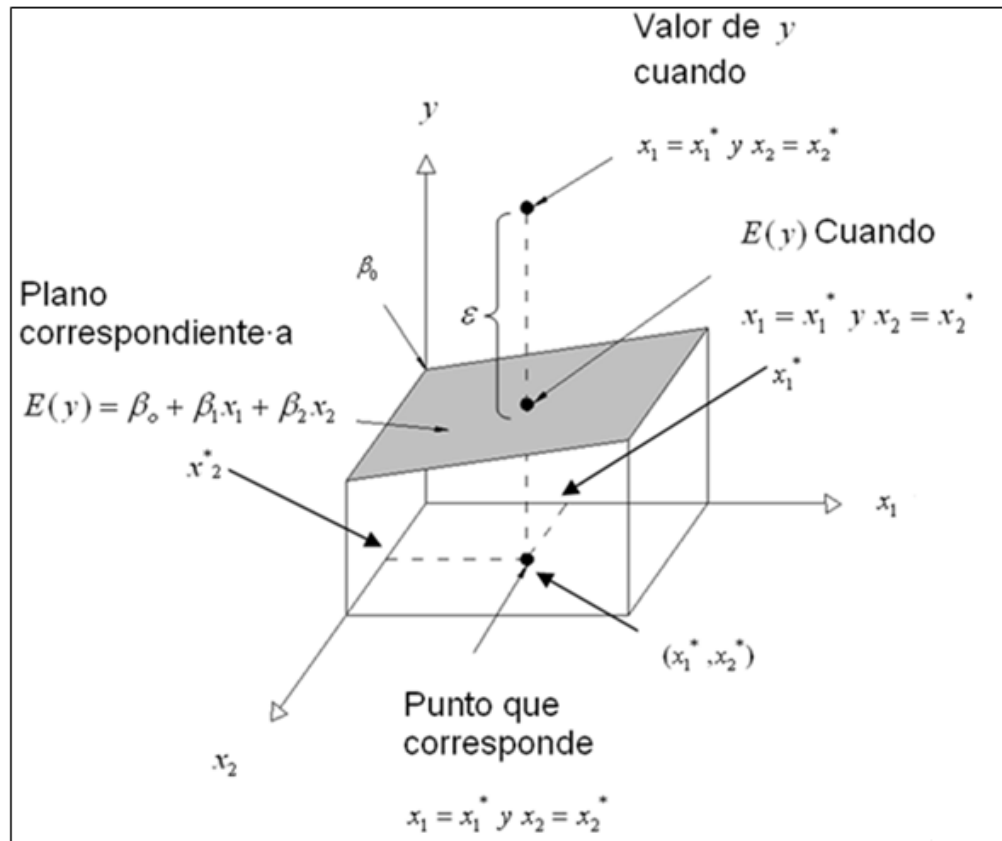


Fig. 2.2 Gráfica de la ecuación de regresión para el análisis de regresión múltiple con dos variables independientes.

En estas condiciones, para el caso de tres variables, una dependiente, y , y dos variables independientes (digamos x_1 y x_2), la ERM es de la forma

Capítulo 2: Formalismo Matemático

$$E(y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2.$$

La gráfica de esta ecuación es un plano en el espacio tridimensional. Esto se ilustra en la Figura 2.2, en la que el error ε se muestra como la diferencia entre el valor real de y y el valor esperado de y , que es $E(y)$ cuando $x_1 = x_1^*$ y $x_2 = x_2^*$.

El término variable independiente empleado hasta ahora en el análisis de regresión indica cualquier variable que se utiliza para predecir o explicar el valor de la variable dependiente, sin embargo, el término no indica que las variables independientes sean independientes entre sí, al menos en un sentido estadístico.

Por el contrario, la mayoría de las variables independientes en un problema de regresión múltiple se correlacionan entre sí en algún grado. Cuando esta correlación existe a nivel lineal se le denomina multicolinealidad o simplemente colinealidad. En tal situación, las variables colineales no proveen nueva información, por lo que suele ser difícil separar los efectos de estas variables sobre la variable dependiente, por lo que los valores de los coeficientes de regresión para variables correlacionadas pueden fluctuar drásticamente dependiendo de cuales variables se incluyen en el modelo.

Habitualmente los métodos para medir la colinealidad requieren de cálculos largos y tediosos, sin embargo, existe un método que usa el factor de varianza inflacionaria (*FVI*) para cada variable independiente. El *FVI* está dado por la Ec.

$$FVI_j = \frac{1}{1 - R_j^2}, \quad (2.9)$$

donde R_j^2 es el coeficiente de determinación múltiple de la variable x_j con todas las demás variables. Para el caso en que se empleen únicamente dos variables independientes, R_j^2 es justamente el coeficiente de determinación de Pearson dado por la Ec. (2.8), por lo que en estas condiciones se tiene que $R_1^2 = R_2^2$. Si un conjunto de variables “independientes” no está correlacionado, entonces el FVI_j será menor

Capítulo 2: Formalismo Matemático

o igual que 1. Si entre estas variables existe una fuerte intercorrelación, el FVI_j puede incluso exceder el valor de 10^5 .

Para la situación presentada en este trabajo, se tienen en general dos casos para la correlación múltiple:

- El análisis de la correlación de una de las variables con las restantes, consideradas conjuntamente (correlación múltiple).
- La correlación existente entre dos variables, eliminando la influencia de la tercera (correlación parcial). En este caso se incluye la multicolinealidad, que no se realizará empleando la correlación parcial, sino el FVI_j .

El primero de estos casos mide la relación existente entre una de las variables y las restantes, mientras que en el segundo se mide la intercorrelación entre las variables, que se suponen por hipótesis, independientes.

De este modo, el coeficiente de correlación múltiple para el caso al que nos estamos restringiendo se calcula mediante la Ec.

$$r_{y \cdot x_1 x_2} = \sqrt{\frac{r_{yx_1}^2 + r_{yx_2}^2 - r_{yx_1} r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}}, \quad (2.10)$$

donde el valor de $r_{y \cdot x_1 x_2}$ oscila entre 0 y 1. Cuanto más se acerque a 1, mayor es el grado de asociación entre las variables, mientras que cuanto más se acerca a cero, la relación lineal empeora. Este criterio y el mencionado para el FVI_j son los utilizados en este trabajo.

⁵ Marquardt sugiere que si el FVI_j es mayor que 10, existe mucha correlación entre la variable X_j y el resto de las variables. Sin embargo otros investigadores sugieren un criterio un tanto más conservativo que pueden requerir de técnicas alternativas a la regresión por mínimos cuadrados si el máximo FVI_j excede el valor de 5.

2.4. Pruebas de significancia (F y t)

En esta sección se presenta la forma de realización de las pruebas de significancia para una ecuación de regresión múltiple. Para este fin, vale la pena realizar algunas observaciones adicionales al MRM.

El modelo de RM considera un conjunto de suposiciones acerca del modelo adecuado de la relación entre las variables dependiente (también llamada variable respuesta) e independiente(s), también llamada(s) predictor(es), los cuales ya se han establecido en la primera sección de este capítulo. Sin embargo, es necesario considerar lo siguiente:

- Que la varianza del error ε , que se representa por σ^2 , es igual para todos los valores de las variables independientes x_i . Esto implica que la varianza de y es igual a σ^2 y es la misma para todos los valores de las x_i .
- Los valores de ε son independientes, lo cual implica que el valor de ε para determinado conjunto de valores de las variables x_i , no se relaciona con el valor de ε para cualquier otro conjunto de valores, de modo que los respectivos valores de y tampoco están relacionados.
- El término de error, ε , es una variable aleatoria con distribución normal que refleja la diferencia entre el valor de y el valor esperado de y , de acuerdo con la ERM. Esta suposición tiene como consecuencia que dado que los coeficientes del modelo son constantes, es decir, los β_i son constantes, la variable dependiente y es también una variable aleatoria distribuida normalmente para los valores dados de las x_i .

En términos generales, para probar que existe una relación importante de regresión entre las variables involucradas, se debe efectuar una prueba de hipótesis para determinar si los coeficientes de la regresión son cero o diferentes de cero. En el caso de la RL hay dos pruebas que se realizan con más frecuencia. Éstas son las

pruebas t y F . En ambas se requiere estimar σ^2 , la varianza de ε en el modelo de regresión [17, 18] y la conclusión a la que se llega con estas pruebas es la misma: si se rechaza la hipótesis nula, la conclusión es que las variables (dos en este caso) se relacionan. Sin embargo esto no es así en la RM, pues las pruebas t y F tienen distintas finalidades:

1. La prueba F se emplea para determinar si existe alguna relación significativa entre la variable respuesta y el conjunto de todas las variables independientes empleadas en el modelo. En estas condiciones la prueba se denomina de *significancia global*.
2. Si la prueba F indica la significancia global, la prueba t se aplica para determinar si cada una de las variables independientes tiene significancia, por lo que se realiza una prueba por separado para cada variable independiente en el modelo; a cada una de estas pruebas t se les llama *pruebas de significancia individual*.

A continuación se explican ambas pruebas para el MRM.

2.4.1 Prueba F

El MRM adaptado al número de variables que se emplean en esta tesis está dado por la Ec. (2.1) cuando $p=2$. La hipótesis nula y alternativa para la prueba F involucran los parámetros del MRM:

$$H_0: y = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_3 = 0,$$

H_a : uno o más de los parámetros del MRM no es (son) igual(es) a cero.

Con esto se tiene, por un lado, que si se rechaza H_0 , se cuenta con la suficiente evidencia estadística para concluir que uno o más de los parámetros es diferentes de cero, por lo que la relación general entre la variable respuesta y el conjunto de

$$x_1, x_2, \dots, x_p$$

Capítulo 2: Formalismo Matemático

variables independientes es significativa. Por otro lado, si no se puede rechazar H_0 , no contaremos con la evidencia suficiente para concluir que la relación entre las variables involucradas es significativa.

Para este fin se define, en términos generales, el *Cuadrado Medio* como la suma de cuadrados dividida entre sus grados de libertad correspondientes. Notemos que en el caso de la RM en general, la *SST* tiene $n-1$ grados de libertad, *SSR* tiene p grados de libertad y la *SSE* tiene $n-p-1$ grados de libertad, en donde n es el número de datos empleados en el cálculo y p es el número de variables independientes. Por lo tanto, se define el cuadrado medio debido a la regresión (*MSR*) como SSR/p y el cuadrado medio debido al error (*MSE*) como $MSE/n-p-1$. *MSE*, produce un estimado insesgado de σ^2 , la varianza del término correspondiente al error ε . Adicionalmente, si la H_0 es verdadera, *MSR* también produce un estimado insesgado de σ^2 , y el valor de MSR/MSE deberá acercarse a la unidad. Sin embargo, si H_0 es falsa, *MSR* sobrestima a σ^2 y el valor de MSR/MSE se hace más grande.

Prueba F para significancia general

$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_p = 0,$
 $H_a: \text{uno o más de los parámetros del MRM no es (son) igual(es) a cero.}$

Estadístico de prueba

$$F = \frac{MSR}{MSE}$$

Regla de rechazo

Con el estadístico de prueba: Rechazar H_0 si $F > F_\alpha$
Con el valor p : Rechazar H_0 si el valor de $p < \alpha$

donde F_α se basa en la distribución F con p grados de libertad en el numerador y $n-p-1$ grados de libertad en el denominador.

Figura 2.3. Prueba F para la significancia general.

Entonces, para determinar lo grande que debe ser el valor de MSR/MSE para rechazar H_0 se emplea el hecho de que si H_0 es verdadera y los supuestos del MRM son válidos, la distribución de MSR/MSE es una distribución F con p grados de

libertad en el numerador y $n-p-1$ en el denominador. Esto se resume en la Figura para el caso de $p=3$ variables independientes y el respectivo análisis de varianza se realizará con el uso de un programa de cómputo. Vale la pena resaltar que si bien existe variedad de programas de cómputo como SPSS o Minitab, por citar algunos, el primero es más para uso en ciencias sociales, mientras que el segundo es para uso en ciencias e ingeniería, por lo que en este trabajo se emplea este software, que es más apropiado que el SPSS.

2.4.2 Prueba t

Si la prueba F ha mostrado que la relación de RM tiene significancia, se puede hacer entonces una prueba t para determinar la significancia de cada uno de los parámetros individuales. La prueba t de significancia individual se resume en la Figura 2.4.

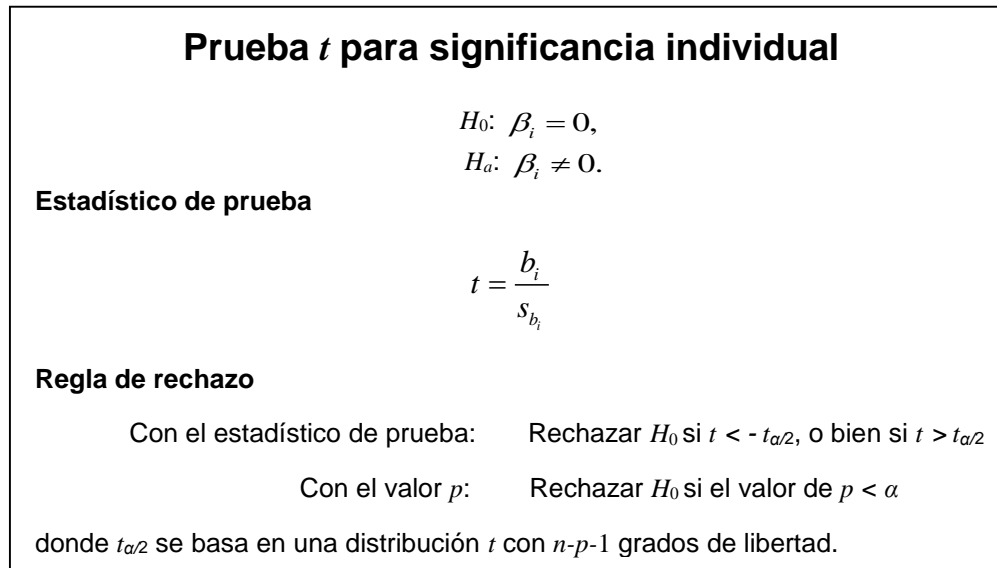


Figura 2.4. Prueba t de significancia individual

Vale la pena mencionar que en el procedimiento de prueba, s_{b_i} es la estimación de la desviación estándar de b_i .

2.5. Uso de la ecuación estimada para predecir y evaluar

El MRM es tan solo un supuesto acerca de la relación entre las variables involucradas; si esta relación es estadísticamente significativa y si el ajuste que proporciona la ERM parece bueno, tal ecuación se puede emplear para realizar estimaciones y predicciones. En estas condiciones, la ERME se puede emplear para determinar una estimación puntual del valor medio de y y predecir un valor individual de y . Para esto se sustituyen los valores dados de x_1, x_2, \dots, x_p en la ERME y se usa el valor correspondiente de \hat{y} como estimación puntual de \bar{y} . Sin embargo, las estimaciones puntuales no proporcionan información alguna de la precisión asociada con la estimación. Para que la ERME tenga un sentido práctico, es necesario realizar dos tipos de estimaciones: estimación de intervalo de confianza (que es una estimación del intervalo del valor medio de \bar{y} para determinados valores de las x_i) y estimación de intervalo de predicción (que se emplea cuando se desea una estimación de intervalo de un valor particular de y que corresponde a determinados valores de las x_i).

La determinación de estimaciones de intervalo para el valor medio de \bar{y} y para un valor individual de y en el MRM, requiere de un proceso muy parecido al del MRLS. Sin embargo, las estimaciones de intervalo para el MRM son demasiado complejas. Ninguno de estos cálculos se incluyen en este trabajo debido a que son largos y tediosos; es posible emplear un programa de cómputo para realizar los cálculos necesarios pero la interpretación de los resultados no es del todo simple ya que involucra una gran cantidad de información y escapa a los propósitos de esta tesis.

2.6. Análisis de residuales

Para finalizar la descripción del modelo se requiere de realizar un análisis de residuales que ayuda a determinar si los supuestos que se realizaron sobre el MRM son adecuados. Este último paso en el proceso es de fundamental importancia

Capítulo 2: Formalismo Matemático

debido a que todo el método (la ERM, la ERME, e incluso las pruebas de significancia y la estimación de intervalos descrita en la sección anterior utilizan a los supuestos como base teórica) se sustenta sobre los supuestos del modelo, y si estos no son adecuados, entonces todos los resultados (como la prueba de hipótesis sobre la significancia de los resultados de la ERM y de la estimación de intervalos) y demás conclusiones que se obtengan carecen de sentido.

Los residuales proporcionan la mejor información acerca de ε , por lo que un paso importante, y quizás necesario, para describir si las hipótesis acerca de ε son adecuadas, es realizar un análisis de residuales, el cual se basa principalmente en el examen de diferentes gráficas, algunas de las cuales son la gráfica de residuales estandarizados y la gráfica de probabilidad normal. Básicamente, para la gráfica de residuales estandarizados, lo que se busca es que los residuales (que se estandarizan siguiendo el procedimiento para estandarizar una variable aleatoria continua) presenten un patrón adecuado, es decir, un patrón similar a una banda horizontal de puntos (ver Figura 2.5).

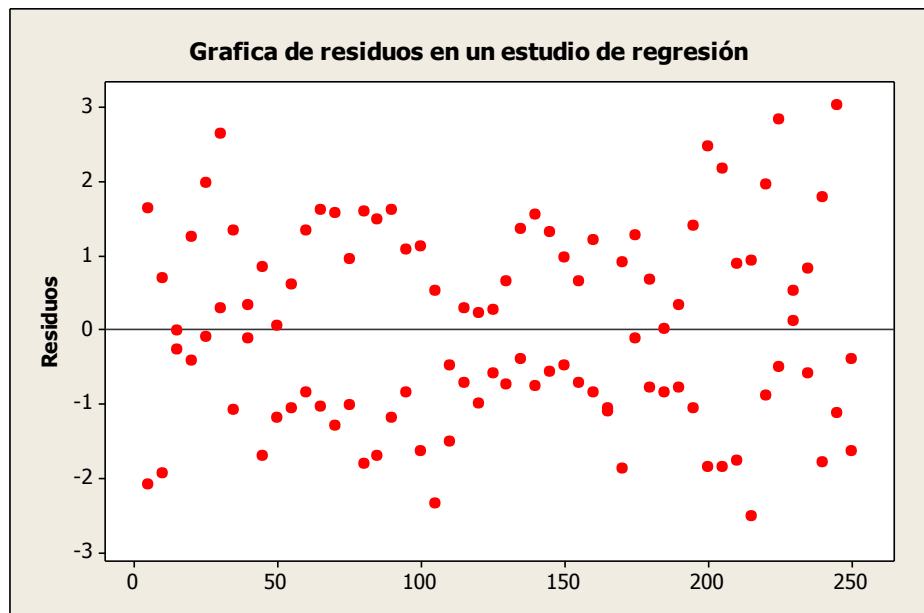


Figura. 2.5. Patrón adecuado de residuales para un estudio de regresión.

Capítulo 2: Formalismo Matemático

La gráfica de probabilidad normal se emplea para determinar la validez de la hipótesis de que el término de error tiene distribución normal estándar. Si esta hipótesis se satisface, entonces la gráfica de probabilidad normal se consigue colocando pares ordenados de la forma (mínimo punto normal⁶, mínimo residual estandarizado).

Si se tuviera que trazar una gráfica con los puntos anteriores, éstos deben agruparse de forma estrecha cerca de una línea a 45° que pase por el origen. Esta es en realidad la gráfica de probabilidad normal, que se ilustra en la Figura 2.6.

En general, mientras más cerca se localicen los puntos de la línea de 45°, mayor es la evidencia que respalda el supuesto de normalidad; cualquier curvatura apreciable en la gráfica de probabilidad normal, se considera como prueba de que los residuales no provienen de una distribución normal. Debido a la complejidad de cálculos para determinar los puntos normales y la gráfica de probabilidad normal asociada con un conjunto de datos particulares, esto no se presenta aquí, pero se realizan de forma relativamente sencilla en un programa de cómputo, como en caso de algunos otros parámetros o cálculos necesarios en el modelo.

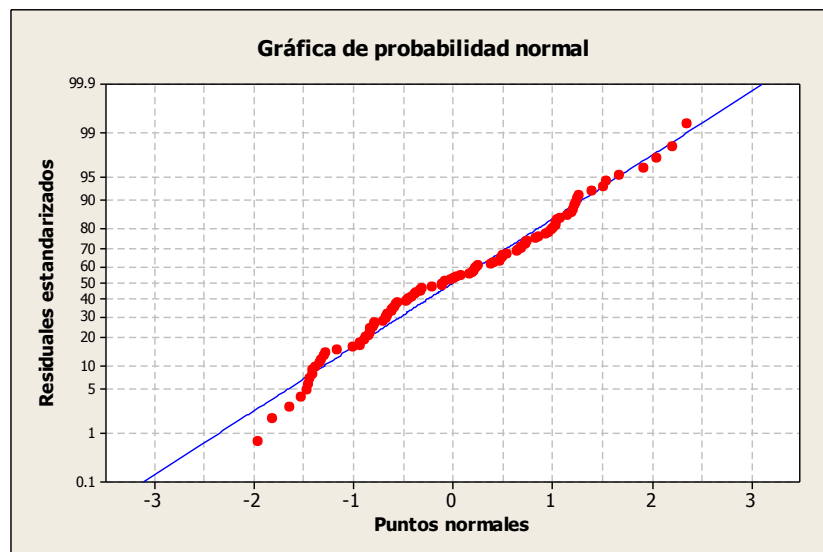


Figura. 2.6. Gráfica de probabilidad normal correcta en un estudio de regresión.

⁶ Por ejemplo, para muestras de tamaño 10 que provienen de una distribución normal estándar el estadístico de primer orden es -1.55. A este valor esperado se le denomina punto normal. En general, si se tiene un conjunto de datos consistente de n observaciones, hay n estadísticos de orden y en consecuencia n puntos normales.

Capítulo 2: Formalismo Matemático

El análisis de residuales correspondiente se realiza para cada situación considerada, sin embargo los resultados no se presentan debido a que solo se emplean para corroborar la prueba de hipótesis, y no se utilizan para modificar la propuesta final.

En el siguiente capítulo se aplica el método descrito en las secciones anteriores. Vale la pena mencionar que el software a emplear es un programa de estadística llamado Minitab.

Capítulo 3

Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Variables Independientes más influyentes en la estimación del Valor de Renta de un *EI*

En el presente capítulo se genera una base de datos a la cual se le aplican los métodos estadísticos descritos en el capítulo anterior, con lo que se obtiene una propuesta de expresión matemática para calcular el valor de renta de un *EI* que por un lado considere las variables independientes más importantes y que por otro lado descarte las que tienen alguna correlación con las ya consideradas o que no tienen una influencia importante en el modelo.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

3.1. Generación de la base de datos

La estadística es una ciencia (pues sus métodos se sustentan en el Método Científico) que mediante el uso de muestras representativas de datos, genera información a través de la cual se puede predecir y explicar las correlaciones y dependencias de un fenómeno de ocurrencia en forma aleatoria (o incluso condicional, por ejemplo en experimentos controlados).

En este capítulo de la tesis, y específicamente en la presente sección, el interés primordial son los datos a emplear en el estudio estadístico a realizar.

La estadística se divide en dos grandes áreas:

- Estadística descriptiva: Realiza la descripción, visualización y resumen de datos originados a partir de los fenómenos de estudio. Los datos pueden ser resumidos numéricamente o gráficamente.
- Estadística inferencial: Se dedica a la generación de los modelos, inferencias y predicciones asociadas a los fenómenos en cuestión teniendo en cuenta la aleatoriedad de las observaciones. Se usa para modelar patrones en los datos y extraer inferencias acerca de la población bajo estudio. Estas inferencias pueden tomar la forma de respuestas a preguntas sí/no (prueba de hipótesis), estimaciones de unas características numéricas (estimación), pronósticos de futuras observaciones, descripciones de asociación (correlación) o modelamiento de relaciones entre variables (análisis de regresión). Otras técnicas de modelamiento incluyen análisis de varianza, series de tiempo y minería (o exploración) de datos.

De la muestra se obtienen los datos a emplear, los cuales pueden ser obtenidos de diferentes formas y fuentes, por ejemplo de publicaciones gubernamentales, industriales o particulares, de experimentos o bien mediante encuestas previa y cuidadosamente diseñadas para optimizar la información a obtener. En este trabajo los datos se obtienen mediante este último método.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Una encuesta es un procedimiento de investigación, dentro de los diseños de investigación descriptivos (no experimentales), en el que el investigador busca recopilar datos por medio de un cuestionario, previamente diseñado, o una entrevista a alguien, sin modificar el entorno ni el fenómeno donde se recoge la información, ya sea para fines descriptivos o inferenciales.

Los métodos de investigación por encuestas son la principal técnica de la investigación de mercados y, en general, se asocian con investigaciones descriptivas y causales. Por esta razón, en este trabajo empleamos este método para recolectar la información.

Las ventajas de realizar una encuesta son las siguientes:

- Bajo costo.
- Información más exacta (mejor calidad) que la del censo, debido a que el menor número de encuestadores permite capacitarlos mejor y más selectivamente.
- Es posible introducir métodos científicos objetivos de medición para corregir errores.
- Mayor rapidez en la obtención de resultados.
- Técnica más utilizada y que permite obtener información de casi cualquier tipo de población.
- Gran capacidad para estandarizar datos, lo que permite su tratamiento informático y el análisis estadístico.

Sin embargo, el uso de encuestas tiene desventajas, las cuales suelen ser:

- El planeamiento y ejecución de la investigación suele ser más complejo que si se realizara por censo.
- Requiere, para su diseño, de profesionales con buenos conocimientos de teoría y habilidad en su aplicación. Hay un mayor riesgo de sesgo muestral.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

- Es necesario dar un margen de confiabilidad de los datos, es decir, una medida del error estadístico posible al no haber encuestado a la población completa. Por lo tanto deben aplicarse análisis estadísticos que permitan medir dicho error con intervalos de confianza, medidas de desviación estándar, coeficiente de variación, etc. Esto requiere de profesionales capacitados para realizar y facilitar el análisis de las conclusiones.

En estas condiciones una encuesta resulta ser un instrumento de fundamental importancia en el desarrollo de un trabajo de este tipo, pero que requiere de un especial cuidado para su diseño, implementación y uso. Una vez diseñada la encuesta, se deben aplicar de manera aleatoria.

Los datos obtenidos de las encuestas se deben vaciar de manera ordenada y sistemática en una matriz, en un software estadístico, para formar un conjunto de datos que se llama base o banco de datos.

3.1.1. Descripción y generación de la Encuesta

Para definir las variables involucradas en el valor de un *EI*, se consultaron diversos portales de internet como referencia y así generar la encuesta a emplear y aplicar, de modo que como resultado de su aplicación, se obtenga la información que constituya la base de datos a emplear en el estudio. Entonces, empleando la Estadística, específicamente la Regresión Lineal Múltiple (RLM), se pretende obtener un modelo que permita estimar el valor de un *EI*, bien para venta o renta.

En la siguiente tabla se resumen dichas variables, resultado de la investigación realizada.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

	Vivanuncios	Segundamano	Inmuebles24	Ventasyrentas	Mercadolibre	Nocnock	Guiadinmuebles
Precio	*	*	*	*	*	*	*
Estado	*		*	*	*	*	*
Municipio	*	*	*	*	*	*	*
Colonia		*	*	*	*	*	*
Superficie de bodega		*	*	*	*	*	*
Superficie de terreno			*	*	*	*	*
Superficie de construcción			*	*	*		
Medida de frente			*	*	*		
Medida de fondo			*	*	*		
Área de oficinas			*	*	*		
Baños			*	*	*		
Instalación eléctrica			*	*	*		
Edad			*	*	*	*	
Área de maniobras			*	*	*		
Altura libre			*	*	*		
Capacidad de carga			*	*	*	*	
Andenes			*	*	*		
Iluminación			*	*	*		
Cisterna			*	*	*	*	
Gas natural			*	*	*		
Caseta de vigilancia			*	*	*	*	
Transporte			*	*	*		
Electricidad			*	*	*		
Zona Industrial			*	*	*		
Tipo de construcción						*	
Estacionamientos			*	*	*	*	
Acceso a tráilers						*	

Tabla 3.1. Variables a considerar en el Análisis de Regresión Lineal Múltiple para estimar el valor de un *EI*. Fuente: Portales de internet para este tipo de inmuebles.

Como se explicó en el Capítulo 1, para valuar un edificio industrial utilizando el Enfoque de Ingresos, se aplica la ecuación (1.3):

$$V_{cap} = \frac{R_{NA}}{T},$$

donde R_{NA} corresponde al valor las Rentas Netas (las Rentas Brutas menos las Deducciones) y T es la Tasa Neta de Capitalización.

Para obtener la información de la R_{NA} , se diseñó una encuesta para aplicar al arrendador (ofertante), es decir, al propietario del edificio industrial, con lo que se obtienen los datos del *EI* por parte del ofertante. Con la aplicación de la encuesta se pretende obtener la información necesaria y suficiente para determinar el R_{NA} (determinar las rentas netas y las deducciones correspondientes). La encuesta resultante a aplicar al arrendador es la que se presenta a continuación en la Tabla 3.2.



FACULTAD DE INGENIERÍA

CUESTIONARIO

Puebla, Puebla ____ de ____ de 2015

FOLIO _____

Nombre del encuestador _____

1. ¿Cuál es el importe de renta bruta de su bodega? \$ _____
2. ¿Qué superficie de terreno tiene? _____ m²
3. ¿Cuál es la superficie construida? _____ m²
4. ¿Qué área rentable tiene? _____ m²
5. ¿Qué edad tienen las construcciones? _____ m²
6. ¿Qué grado de conservación tiene su bodega?
 - I. Optimo
 - II. Muy bueno
 - III. Bueno
 - IV. Regular
 - V. Malo
 - VI. Muy Malo
 - VII. Ruinosa
7. ¿De cuánto es el impuesto predial anual? \$ _____
8. ¿Cuánto paga de seguro anual? \$ _____
9. Aproximadamente ¿a cuánto ascienden sus gastos de mantenimiento promedio mensual? \$ _____
10. ¿Cuál es el gasto por administración mensual? \$ _____
11. ¿Sabe usted cual es la tasa neta anual que recibe por la renta de su inmueble? _____ %
12. ¿Cuánto tiempo lleva rentando su bodega? _____
13. La última vez, ¿cuánto tiempo duró desocupada su bodega? _____
14. ¿El porcentaje de incremento de la renta anual es el mismo que INPC?
Sí _____, No _____. ¿Cuánto más o cuánto menos? _____

Tabla 3.2. Encuesta para el arrendador para obtener información a incluir en la base de datos.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Paralelamente se diseñó una segunda encuesta que al ser aplicada proporcione los datos del consumidor (demandante), es decir, del arrendatario de los mismos edificios industriales, para así obtener las variables que más influyen en el valor de un edificio industrial y que éste está dispuesto a pagar.

La encuesta diseñada se dividió en tres secciones, que se describen a continuación:

- Sección 1: Se indaga sobre las necesidades en infraestructura por parte del arrendatario, como cuestiones de dimensiones de áreas techadas y sin techar, patio de maniobras, alturas máxima y mínima de muros (cubrera y rodilla, respectivamente), si requieren o no de rampas y andenes, por citar algunas. En la Tabla 3.3, parte a), se muestra esta sección de la encuesta resultante.
- Sección 2: En esta segunda parte se obtiene información sobre la zona de ubicación preferencial o necesaria para los arrendatarios, así como de los accesos y tipos de vialidades. En la parte b) de la Tabla 3.3 se muestra esta sección de la encuesta.
- Sección 3: Se pregunta sobre las necesidades específicas del arrendatario, por ejemplo, el consumo de agua, sus necesidades de energía eléctrica (monofásica, bifásica, trifásica o algún consumo adicional), peso que debe soportar el piso, dimensiones requeridas de las oficinas, entre otros requerimientos más. En la Tabla 3.3, parte c), se muestra con detalle esta sección de la encuesta.

Es importante mencionar, por un lado, que las tres secciones de la encuesta se aplicaron integradas como una sola para coadyuvar, al encuestado, el contestar las diferentes preguntas; por otro lado que los lineamientos seguidos para la elaboración de las dos encuestas (la del arrendador y la del arrendatario), fueron los que se presentan [18, 19], buscando optimizar la información a obtener para conformar la base de datos y minimizando el tiempo de respuesta, con lo cual se garantiza que la información que se recabe a través de la aplicación de la encuesta será confiable, pues ésta cuenta con el sustento estadístico apropiado.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados



FACULTAD DE INGENIERÍA CUESTIONARIO PARA EL ARRENDATARIO

Puebla, Puebla ____ de ____ de 2015 Encuestador _____

FOLIO _____

A. INFRAESTRUCTURA

1. Aproximadamente, ¿cuántos metros cuadrados techados necesita?

2. Aproximadamente ¿cuántos metros cuadrados necesita de patio de maniobras, incluyendo estacionamientos? _____
3. ¿Cuáles son las alturas que necesita? _____ m mínima _____ m máxima.
4. ¿Cuál es el vehículo de mayor dimensión que entrará en el edificio industrial?

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-012-SCT-2-2008) PESOS y DIMENSIONES D.O. ABRIL 1/2008

CAMION UNITARIO (C)	VEHICULO O CONFIGURACION VEHICULAR	NUM. EJES	NUM. LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)				LARGO TOTAL (m)			
				ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
	C2	2	6	17,5	16,5	14,5	13,0	14,0	14,0	14,0	12,5
	C3	3	8	21,5	19,0	17,0	15,0	14,0	14,0	14,0	12,5
	C3	3	10	24,5	23,0	20,0	18,5	14,0	14,0	14,0	12,5

CAMION REMOLQUE (C-R)	VEHICULO O CONFIGURACION VEHICULAR	NUM. EJES	NUM. LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)				LARGO TOTAL (m)			
				ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
	C2-R2	4	14	37,5	35,5	NA	NA	31,0	28,5	NA	NA
	C3-R2	5	18	44,5	42,0	NA	NA	31,0	28,5	NA	NA
	C3-R3	6	22	51,5	47,5	NA	NA	31,0	28,5	NA	NA
	C2-R3	5	18	44,5	41,0	NA	NA	31,0	28,5	NA	NA

TRACTOCAMION ARTICULADO (T-8)	VEHICULO O CONFIGURACION VEHICULAR	NUM. EJES	NUM. LLANTAS	PESO BRUTO VEHICULAR (t)				LARGO TOTAL (m)			
				ET y A	B	C	D	ET y A	B	C	D
	T2-G1	3	10	27,5	26,0	22,5	NA	23,0	20,8	18,5	NA
	T2-G2	4	14	34,5	31,5	28,0	NA	23,0	20,8	18,5	NA
	T3-G2	5	18	41,5	38,0	33,5	NA	23,0	20,8	18,5	NA
	T3-G3	6	22	48,0	45,5	40,0	NA	23,0	20,8	18,5	NA
	T2-G3	5	18	41,0	39,0	34,5	NA	23,0	20,0	18,0	NA
	T3-G1	4	14	34,5	32,5	28,0	NA	23,0	20,0	18,0	NA

5. Para la descarga describa cuántas unidades necesita de:
_____ Andenes _____ Rampas _____ ninguna

Tabla 3.3 a). Primera parte de la encuesta para el arrendatario empleada para obtener información a incluir en la base de datos.



FACULTAD DE INGENIERÍA

CUESTIONARIO PARA EL ARRENDATARIO

Puebla, Puebla ____ de ____ de 2015 Encuestador _____

FOLIO _____

B. ZONAS Y ACCESO

6. ¿En qué zona de la ciudad necesita el edificio industrial?

- Nor Oriente
- Nor Poniente
- Sur Oriente
- Sur Poniente
- Centro

7. Preferentemente ¿en qué tipo de vialidad preferiría que estuviera ubicada el edificio industrial?

- Continuidad a la ciudad, acceso limitado con pocos cruces, estacionamiento prohibido, sección de 3 a 4 m por carril, 2 a 3 m de acotamiento, velocidad de 100 km/h (**Vialidad Subregional**).
- Con unidad a un área urbana contigua, con intersecciones para calles secundarias, con 30 m máximo para 4 carriles, velocidad de 60 a 80 km/h (**Vialidad primaria**).
- Circuito distribuidor principal, ancho de 18 m, dos carriles de 3 a 4 m cada uno por sentido, dos sentidos, velocidad de 40 a 60 km/h. (**Vialidad secundaria**).
- Calles interiores colectoras, señalamiento para indicar penetración a clusters dentro de barrio, ancho de 12 m de dos carriles de 3 m, con estacionamiento lateral, velocidad permitida hasta 50 km/h. (**Vialidad local**).
- Calles de penetración sin salida, con área al extremo para dar vuelta, sección de 8 m, velocidad lenta (**Vialidad de Penetración**).

8. En relación a la ubicación específica requiere que el *EI*

- Se ubique en parque industrial
- Sobre avenida
- Zona mixta

Tabla 3.3 b). Segunda parte o sección de la encuesta para el arrendatario.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados



FACULTAD DE INGENIERÍA

CUESTIONARIO PARA EL ARRENDATARIO

Puebla, Puebla ____ de ____ de 2015 Encuestador _____

FOLIO _____

C. NECESIDADES ESPECÍFICAS

9. Para estimar el consumo de agua que va a necesitar:
 ¿Cuántas personas trabajan toda la jornada en el EI? _____
 ¿Cuántas personas permanecen de manera flotante durante el día laboral? _____
 (vendedores, clientes, etc.)
 En caso de tener regadera, ¿Cuántas personas hacen el uso de ellas durante el día? ____
 Si tiene algún proceso industrial ¿Cuántos litros de agua consume en él? _____
 ¿Lavan sus vehículos en el Edificio? _____ ¿Cuántos al día? _____
 ¿Cuál es su consumo total estimado de agua por día? _____

10. ¿Qué tipo de energía eléctrica necesita? ____ monofásica ____ bifásica
 ____ trifásica ____ adicional ____ kV A

11. Considera que el peso por metro cuadrado que cargará el piso del EI será

MODERADO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO	EXCESIVO

12. ¿Utiliza montacargas? _____ ¿De cuántas toneladas? _____ ¿Qué peso va a cargar el montacargas? _____

13. ¿Cuántos metros cuadrados de oficinas necesita? _____

14. ¿Qué elementos adicionales necesita?

Cisterna ____ ¿Qué capacidad? _____

Hidrantes _____

Caseta de vigilancia _____

Otros _____

15. Objetivamente ¿Cuál es su presupuesto máximo por metro cuadrado _____

16. ¿Requiere algún uso de suelo específico?

- Industria ligera
- Industria de transformación
- Industria pesada

Tabla 3.3 c). Tercera sección o parte de la encuesta para el arrendatario.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

3.1.2. Aplicación de la Encuesta

Las encuestas se aplicaron a pares (arrendador, arrendatario), en el primer caso para determinar las variables que demanda el mercado y en el segundo, el de los arrendatarios, como complemento y para obtener las rentas netas y la tasa de capitalización. El número de encuestas realizadas fue de 48 pares, con la finalidad de que el problema estadístico correspondiente al caso de muestra grande (empíricamente mayor o igual a 30), se realizaron de forma personal y telefónica. La información obtenida en las encuestas se vació primeramente en una hoja de Excel. Posteriormente se trasladó a una hoja de cálculo de un software especializado para realizar cálculos estadísticos, llamado Minitab. Vale la pena resaltar que los datos obtenidos fueron tanto cualitativos (para que tuvieran un uso práctico se les asignó un valor numérico entero a cada una de ellas, empezando del número uno), como cuantitativos (cuyas unidades de medición empleadas fueron las correspondientes al Sistema Internacional de Unidades). Con esta información se formó la base de datos requerida, la cual fue organizada de la siguiente forma:

1. Variables: se buscó información sobre el arrendatario, es decir, sobre el *EI* que el arrendatario ofrece, dividiendo ésta en cinco variables en general, que son: capacidad y forma (*C*), Logística (*L*) o zonas de acceso, servicios (*S*), instalaciones especiales y elementos constructivos, y uso de suelo (*U*), las cuales a su vez se dividieron en subvariables, las cuales se describen en el siguiente punto. Para el caso del arrendador se consideraron sus necesidades como depreciación (*D*), renta bruta, seguro, mantenimiento, administración, tasa neta, desocupación, incremento anual. La información del arrendatario no se dividió en subvariables.
2. Subvariables: Se refiere a la forma en cómo las variables se dividen, por ejemplo, para la capacidad se manejan las subvariables superficie, altura y dimensión máxima de vehículos; para la logística se consideran las subvariables zona, ubicación específica, jerarquía vial, descarga, montacargas y carga. Toda esta información se muestra en la Tabla 3.4.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

ENC	Variable	Subvariable	Abrev.	Descripción	Tipo	Unidad (S.I.M)	Valor asignado	
ARRENDATARIO	1.- CAPACIDAD Y FORMA (C)	Superficie	C_s	Superficie techada	Cuantitativa	m ²		
			C_t	Superficie de terreno	Cuantitativa	m ²		
			C_{pm}	Superficie del patio de maniobras	Cuantitativa	m ²		
		Altura	C_{Am}	Altura mínima	Cuantitativa	m		
			C_{AM}	Altura máxima	Cuantitativa	m		
		Dimensión máxima de vehículos	C_{DV}	Dimensión máxima del vehículo		Cualitativa		1 (T2-81)
								2 (T3-63)
							3 (T2-82)	
							4 (C3)	
	2.- LOGÍSTICA (L)	Zona	L_Z	Zona Centro	Cualitativa		4	
				Zona Nororiente	Cualitativa		3	
				Zona Norponiente	Cualitativa		2	
				Zona Suroriente	Cualitativa		5	
				Zona Surponiente	Cualitativa		1	
		Ubicación Específica	L_u	Parque o zona industrial	Cualitativa		1	
				Avenida	Cualitativa		2	
				mixta	Cualitativa		3	
		Jerarquía vial	L_{jsb}	Subregional	Cualitativa		3	
				Primaria	Cualitativa		2	
				Secundaria	Cualitativa		4	
				local	Cualitativa		1	
				Penetración o Cluster	Cualitativa		5	
		Descarga	L_{dr}	Andén	Cuantitativa		1 (si)	
				Rampa	Cuantitativa		1 (si)	
	Montacargas	LM	Uso de montacargas	Cualitativa		1 (si)		
			Cualitativa		2 (no)			
Carga	LC	Peso de montacargas	Cuantitativa	Ton				
		Peso total (montacargas y carga)	Cuantitativa	Ton				
		Moderado			1			
		Medio			2			
		Alto			3			
3.- SERVICIOS (S)	Consumo de agua	S_{Cf}	Personal fijo	Cuantitativa	l			
			Peronal flotante	Cuantitativa	l			
			Regaderas	Cuantitativa	l			
			Proceso industrial	Cuantitativa	l			
			Vehículos	Cuantitativa	l			
			Consumo total	Cuantitativa	l			
Energía eléctrica	S_e	Red de energía eléctrica		Cualitativa	Monofásico	1		
				Cualitativa	Trifásico	2		
				Cualitativa	Otro	3		
				Cuantitativa	kva			
4.- INSTALACIONES ESPECIALES Y ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	Otros	E_{cc}	Cisterna	Cualitativa		1 (si)		
				Cualitativa		2 (no)		
		E_{ck}	Capacidad de la cisterna	Cuantitativa	l			
			Hidrantes	Cualitativa		1 (si)		
		E_{cv}	Caseta de vigilancia	Cualitativa		2 (no)		
				Cualitativa		1 (si)		
		E_{cO}	Oficinas	Cuantitativa	m ²		2 (no)	
5.- USO DE SUELO (U)		Us	Industria ligera	Cualitativa		1		
			Industria de la transformación	Cualitativa		2		
			Industria pesada	Cualitativa		3		
ARRENDADOR	6.-Depreciación (D):	Dp	Conservación	Cualitativa		1 (optimo)		
						2 (Muy bueno)		
						3 (bueno)		
						4 (regular)		
						5 (malo)		
						6 (muy malo)		
						7 (ruinoso)		
	7.- Renta Bruta	R		Cuantitativa	\$ MN			
	8.- Edad	Ed		Cuantitativa	Años			
	9.- Predial	Pr		Cuantitativa	\$/mensual			
	10.- Seguro	Sg		Cuantitativa	\$/mensual			
	11.- Mantenimiento	Mt		Cuantitativa	\$/mensual			
	12.- Administración	Ad		Cuantitativa	\$/mensual			
	13.-Tasa neta	Tn		Cuantitativa	%			
	14.- Desocupación	Ds		Cuantitativa	\$/mensual			
15.- Incremento Anual	Ia		Cuantitativa	INPC				

Tabla 3.4. Variables y subvariables consideradas en las encuestas aplicadas y sobre las que se indaga información a emplear en el estudio estadístico.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

3.1.3 Resultados de la Encuesta

La encuesta se aplicó a la misma cantidad de arrendatarios como de arrendadores (48 personas de cada caso). De acuerdo con las secciones anteriores se generó entonces una base de datos que consistió de información tanto del arrendatario como del arrendador. En la Tabla 3.5 se presenta la información que constituye la base de datos del arrendatario.

ARRENDATARIO																												
1. CAPACIDAD Y FORMA (C)							2.- LOGÍSTICA (L)							3. SERVICIOS							4.- E. CONST. Y ACCESORIOS					de		
Superficie			Altura			Dim	Zona	Uso	Vial	Andén	Rampa	Monraccarga	Carga	Consumo de agua						Energía	Cisterna		Otros			suelo		
C _s	C _i	C _{am}	C _{AM}	C _{Am}	C _{DV}	L _Z	L _U	L _{jsb}	L _{da}	L _{dr}	LM	LMc	Lc	S _{Cl}	S _{Clf}	S _{Cr}	S _{cl}	S _{Qv}	S _{CT}	S _g	Ecc	Eck	Ech	Ecv	Ec _O	Us		
No.	m2	m2	m2	m	m																kv					m2		
1	800	800	0	6.0	4.5	1	1	3	1	0	0	2		1	10	5	0	0	4	817	2	1	15,000	2	2	50	1	
2	840	1,320	480	6.0	5.0	2	2	2	2	2	0	1	1500	2	8	4	0	0	3	827	1	1	10,000	2	1	100	1	
3	1,000	1,100	0	7.5	5.2	2	1	2	1	0	0	1	1000	1	5	2	0	100	2	456	2	1	10,000	2	2	12	1	
4	345	345	0	9.0	7.5	4	1	3	1	0	0	1	1000	1	4	2	0	0	2	430	2	1	10,000	2	2	50	1	
5	449	1,061	612.08	6.0	4.0	4	2	3	5	0	0	2		2	4	0	0	0	1	229	1	1	10,000	2	2	12	1	
6	600	600	0	7.5	5.2	4	1	1	1	0	0	2		2	3	1	0	0	1	216	2	1	10,000	2	2	12	1	
7	1,050	1,131	81	7.5	5.0	2	2	2	3	0	0	1	2000	4	4	1	0	0	1	256	1	1	30,000	2	1	12	1	
8	2,716	2,800	85	7.5	5.0	2	2	1	3	1	0	1	1000	2	6	2	2	500	1	1,427	3	250	1	10,000	2	1	200	1
9	1,776	2,181	404	7.0	5.0	2	3	1	4	2	0	1	1000	2	5	2	0	0	1	587	1	1	20,000	2	1	100	1	
10	1,623	2,119	495.75	7.0	5.0	3	3	1	4	2	0	2		2	12	2	0	5000	4	5,967	2	1	20,000	2	1	100	1	
11	989	1,058	69	8.0	6.5	2	2	1	1	1	0	1	2000	4	1	1	0	0	1	280	2	1	10,000	2	1	60	1	
12	375	525	150	9.5	6.0	4	2	3	1	0	0	2		1	8	4	0	0	3	599	1	1	10,000	2	2	24	1	
13	1,060	1,484	424	8.0	6.5	3	2	3	1	2	0	1	1000	1	4	1	0	0	2	289	1	1	10,000	2	1	12	1	
14	1,250	1,530	280	9.5	6.5	3	3	3	5	0	1	1	1500	2	8	1	0	0	0	527	1	1	5,000	2	2	60	1	
15	1,030	1,160	130	9.5	6.5	3	3	3	5	0	0	2		2	6	1	1	0	2	513	1	1	5,000	2	2	60	1	
16	1,805	1,950	145	12.0	8.0	2	3	2	2	0	0	1	2000	4	3	1	0	0	1	180	1	1	10,000	2	2	0	1	
17	1,727	1,971	145	7.5	6.0	2	3	2	2	2	2	1	750	2	40	10	0	0	10	2,452	1	1	10,000	2	1	84	1	
18	424	552	64	7.0	5.5	4	3	3	1	0	0	2		1	10	2	0	0	2	820	1	1	15,000	2	2	100	1	
19	3,000	3,500	500	9.4	6.2	2	3	1	1	2	1	1	1750	4	20	20	1	0	2	1,700	3	350	1	20,000	2	1	100	1
20	2,000	2,590	590	9.4	6.2	2	3	1	1	2	1	1	1000	1	4	2	0	0	0	285	1	1	20,000	2	1	24	1	
21	2,343	2,910	567	9.4	6.2	2	3	1	1	2	1	1	1500	2	50	5	5	0	30	3,277	1	1	20,000	2	1	48	1	
22	1,250	1,400	150	7.5	6.0	2	1	2	4	0	0	1	2000	4	10	2	2	0	4	797	1	1	10,000	2	2	70	1	
23	1,308	1,400	92	8.1	6.0	3	1	1	1	0	0	2		1	2	2	0	0	0	169	1	1	10,000	2	2	12	1	
24	654	700	46	8.1	6.0	3	1	1	1	0	0	2		1	30	6	0	0	10	1,993	1	1	10,000	2	2	100	1	
25	1,076	1,076	0	5.7	4.2	4	4	1	1	0	0	1	1000	1	8	0	0	0	1	461	1	1	10,000	2	2	36	1	
26	620	800	180	6.4	5.6	4	4	3	5	0	0	2		2	20	6	0	0	8	1,527	1	1	10,000	2	2	100	1	
27	443	443	0	6.4	5.6	3	4	3	5	0	0	2		2	8	0	0	0	2	423	1	1	5,000	2	2	12	1	
28	180	180	0	4.0	4.0	4	4	3	5	0	0	2		1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2	2	0	1	
29	1,473	1,813	340	6.0	4.5	2	3	3	1	1	1	1	1000	2	15	2	0	0	4	1,237	1	1	10,000	2	2	150	1	
30	748	1,768	1020	7.0	6.5	2	3	3	1	2	1	2		1	4	0	0	0	2	407	1	1	10,000	2	2	60	1	
31	340	340	0	5.5	4.0	3	4	3	5	0	0	1	1000	1	3	0	0	0	2	223	1	1	3,000	2	2	12	1	
32	369	369	0	5.5	4.0	3	4	3	5	0	0	2		2	4	0	0	5000	1	5,229	1	1	3,000	2	2	12	1	
33	304	350	46	3.0	3.0	4	5	3	5	0	0	2		1	0	0	0	0	0	0	1	1	3,000	2	2	0	1	
34	2,033	4,866	2833	7.5	6.0	2	5	1	1	10	1	1	1500	2	60	10	0	0	10	3,360	2	1	20,000	2	1	120	1	
35	2,420	6,676	4256	7.5	6.0	2	1	1	2	15	1	1	1500	2	80	15	0	0	25	5,033	2	1	20,000	2	1	200	1	
36	890	890	0	7.0	5.0	2	3	3	1	0	1	1	1500	2	4	0	0	0	1	229	1	1	10,000	2	2	12	1	
37	1,248	2,065	817	5.0	4.0	2	4	3	1	1	1	2		2	10	0	0	0	2	539	1	1	20,000	2	2	24	1	
38	2,160	2,640	480	7.5	6.0	2	3	3	1	2	1	1	3000	4	16	16	0	0	2	1,349	3	250	1	20,000	2	1	72	1
39	500	500	0	6.0	4.2	4	3	1	1	0	0	2		2	1	0	0	0	0	76	1	1	5,000	2	2	12	1	
40	300	300	0	6.0	4.2	4	3	1	1	0	0	2		2	2	0	0	0	1	149	1	1	5,000	2	2	12	1	
41	1,749	5,412	3663	7.0	5.5	2	2	1	1	1	1	2		2	35	10	0	0	25	2,572	3	125	1	10,000	2	2	24	1
42	2,000	2,430	430	11.0	8.0	2	2	1	1	3	0	1	2000	3	10	2	0	0	4	695	1	1	20,000	2	si	36	1	
43	1,000	1,100	100	11.0	8.0	2	2	1	4	2	0	1	1000	1	4	1	0	0	2	397	1	1	10,000	2	2	48	1	
44	2,035	3,445	1410	11.0	8.0	2	2	1	3	3	1	1	1000	1	6	2	0	0	2	432	1	1	20,000	2	1	24	1	
45	559	693	133.9	5.7	9.0	2	2	2	2	0	0	2		1	4	2	0	0	2	424	1	1	10,000	2	2	48	1	
46	380	380	0	5.5	4.0	3	4	3	1	0	0	2		2	4	1	0	0	2	325	2	1	3,000	2	2	24	1	
47	594	594	0	4.0	6.0	0	4	2	1	0	0	2		1	2	40	0	0	0	1,183	1	1	10,000	2	2	12	1	
48	186	186	0	5.0	6.5	4	4	2	1	0	0	2		1	4	2	0	0	1	282.6	1	1	5,000	2	2	12	1	

Tabla 3.5. Base de datos del arrendatario. Se pueden apreciar tanto las variables como las subvariables mencionadas en la Tabla 3.4.

La correspondiente base de datos para el arrendador se presenta en la Tabla 3.6.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

No.	ARRENDADOR										CÁLCULOS	
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	I.S.R	Rn
	Dp	R	Ed	Pr	Sg	Mt	Ad	Tn	Ds	la		
	\$	años	\$/mensual	\$/mensual	\$/mensual	\$/mensual		\$/mensual		\$/mensual	\$/mensual	
1	3	\$27,500.00	15	\$ 550.00	\$ 225.00	\$ 805.00	\$ 1,375.00		\$ 1,800.00	INPC	\$ 2,709.06	\$20,000.00
2	3	\$30,300.00	10	\$ 566.67	\$ 241.67	\$ 805.00	\$ 1,515.00		\$ -	INPC	\$ 3,097.81	\$24,100.00
3	4	\$28,000.00	15	\$ 491.67	\$ 216.67	\$ 920.00	\$ 1,400.00		\$ -	INPC	\$ 2,778.48	\$22,200.00
4	2	\$12,000.00	7	\$ 250.00	\$ 116.67	\$ 345.00	\$ 600.00		\$ -	INPC+2	\$ 658.37	\$10,000.00
5	3	\$15,800.00	10	\$ 416.67	\$ 125.00	\$ 460.00	\$ 790.00		\$ 700.00	INPC+2	\$ 1,085.62	\$12,200.00
6	4	\$23,900.00	15	\$ 291.67	\$ 125.00	\$ 575.00	\$ 1,195.00		\$ -	INPC	\$ 2,209.23	\$19,500.00
7	3	\$35,000.00	20	\$ 666.67	\$ 300.00	\$ 1,035.00	\$ 1,750.00		\$ 1,200.00	INPC+2	\$ 3,793.12	\$26,300.00
8	3	\$30,000.00	20	\$ 1,708.33	\$ 766.67	\$ 2,645.00	\$ 4,250.00		\$ 100.00	INPC	\$ 12,896.15	\$7,600.00
9	1	\$50,700.00	10	\$ 1,533.33	\$ 616.67	\$ 1,725.00	\$ 2,695.00		\$ -	INPC	\$ 6,831.65	\$37,300.00
10	1	\$50,700.00	10	\$ 1,425.00	\$ 558.33	\$ 1,610.00	\$ 2,535.00		\$ 2,500.00	INPC	\$ 6,207.65	\$35,900.00
11	3	\$35,000.00	8	\$ 608.33	\$ 283.33	\$ 920.00	\$ 1,750.00		\$ 1,500.00	INPC	\$ 3,793.12	\$26,100.00
12	3	\$20,100.00	6	\$ 291.67	\$ 108.33	\$ 345.00	\$ 1,005.00		\$ -	INPC	\$ 1,681.64	\$16,700.00
13	1	\$40,000.00	1	\$ 808.33	\$ 366.67	\$ 1,035.00	\$ 2,000.00		\$ -	INPC	\$ 4,557.52	\$31,200.00
14	2	\$39,200.00	25	\$ 716.67	\$ 266.67	\$ 1,150.00	\$ 1,960.00		\$ -	INPC	\$ 4,435.21	\$30,700.00
15	3	\$32,200.00	25	\$ 708.33	\$ 291.67	\$ 1,035.00	\$ 1,610.00		\$ -	INPC	\$ 3,365.05	\$25,200.00
16	1	\$54,500.00	5	\$ 1,433.33	\$ 625.00	\$ 1,725.00	\$ 2,725.00		\$ -	INPC	\$ 6,948.65	\$41,000.00
17	4	\$55,200.00	25	\$ 966.67	\$ 366.67	\$ 1,610.00	\$ 2,760.00		\$ -	INPC	\$ 7,085.15	\$42,400.00
18	3	\$24,600.00	20	\$ 658.33	\$ 316.67	\$ 1,035.00	\$ 1,230.00		\$ -	INPC	\$ 2,306.42	\$19,100.00
19	3	\$89,400.00	20	\$ 1,700.00	\$ 675.00	\$ 2,875.00	\$ 4,470.00		\$ -	INPC	\$ 13,754.15	\$65,900.00
20	3	\$46,700.00	20	\$ 1,175.00	\$ 450.00	\$ 1,955.00	\$ 2,406.00		\$ -	INPC	\$ 5,704.55	\$35,000.00
21	3	\$79,300.00	20	\$ 1,358.33	\$ 525.00	\$ 2,300.00	\$ 3,965.00		\$ -	INPC	\$ 11,784.65	\$59,400.00
22	3	\$46,300.00	20	\$ 775.00	\$ 358.33	\$ 1,150.00	\$ 2,315.00		\$ -	INPC	\$ 5,520.66	\$36,200.00
23	3	\$45,000.00	2	\$ 875.00	\$ 375.00	\$ 1,265.00	\$ 2,250.00		\$ -	INPC	\$ 5,321.92	\$34,900.00
24	3	\$22,700.00	2	\$ 441.67	\$ 183.33	\$ 575.00	\$ 1,135.00		\$ -	INPC	\$ 2,042.63	\$18,300.00
25	3	\$25,700.00	30	\$ 783.33	\$ 308.33	\$ 1,035.00	\$ 1,285.00		\$ -	INPC	\$ 2,459.15	\$19,800.00
26	3	\$20,200.00	25	\$ 491.67	\$ 175.00	\$ 575.00	\$ 1,010.00		\$ -	INPC	\$ 1,695.53	\$16,300.00
27	3	\$16,200.00	25	\$ 325.00	\$ 125.00	\$ 460.00	\$ 810.00		\$ -	INPC	\$ 1,140.17	\$13,300.00
28	4	\$4,400.00	25	\$ 108.33	\$ 41.67	\$ 230.00	\$ 220.00		\$ -	INPC	\$ 160.81	\$3,600.00
29	3	\$39,000.00	15	\$ 858.33	\$ 416.67	\$ 1,380.00	\$ 1,950.00		\$ -	INPC	\$ 4,404.64	\$30,000.00
30	3	\$19,000.00	15	\$ 483.33	\$ 208.33	\$ 690.00	\$ 950.00		\$ -	INPC	\$ 1,528.92	\$15,100.00
31	3	\$10,000.00	25	\$ 233.33	\$ 100.00	\$ 345.00	\$ 500.00		\$ -	INPC	\$ 496.39	\$8,300.00
32	3	\$12,000.00	25	\$ 258.33	\$ 108.33	\$ 345.00	\$ 600.00		\$ -	INPC	\$ 658.37	\$10,000.00
33	3	\$10,800.00	30	\$ 208.33	\$ 83.33	\$ 345.00	\$ 540.00		\$ -	INPC	\$ 552.97	\$9,100.00
34	3	\$101,900.00	20	\$ 1,708.33	\$ 575.00	\$ 1,955.00	\$ 5,095.00		\$ -	INPC	\$ 16,266.10	\$76,300.00
35	3	\$115,700.00	8	\$ 2,433.33	\$ 683.33	\$ 2,300.00	\$ 5,785.00		\$ -	INPC	\$ 19,136.50	\$85,400.00
36	3	\$29,500.00	2	\$ 625.00	\$ 250.00	\$ 805.00	\$ 1,475.00		\$ -	INPC	\$ 2,986.74	\$23,400.00
37	3	\$38,600.00	8	\$ 1,116.67	\$ 350.00	\$ 1,150.00	\$ 1,930.00		\$ -	INPC	\$ 4,343.48	\$29,700.00
38	2	\$78,200.00	20	\$ 1,633.33	\$ 666.67	\$ 2,070.00	\$ 3,910.00		\$ 100.00	INPC	\$ 11,570.15	\$58,200.00
39	4	\$17,500.00	10	\$ 258.33	\$ 108.33	\$ 460.00	\$ 875.00		\$ 700.00	INPC	\$ 1,320.66	\$13,800.00
40	4	\$10,500.00	10	\$ 158.33	\$ 66.67	\$ 345.00	\$ 525.00		\$ 400.00	INPC	\$ 531.75	\$8,500.00
41	3	\$123,700.00	8	\$ 1,200.00	\$ 500.00	\$ 1,725.00	\$ 6,185.00		\$ 9,900.00	INPC	\$ 20,800.50	\$83,400.00
42	1	\$64,500.00	5	\$ 1,383.33	\$ 691.67	\$ 1,955.00	\$ 3,225.00		\$ 5,200.00	INPC	\$ 8,898.65	\$43,100.00
43	3	\$33,800.00	6	\$ 575.00	\$ 283.33	\$ 920.00	\$ 1,690.00		\$ -	INPC	\$ 3,609.66	\$26,700.00
44	3	\$73,500.00	25	\$ 1,433.33	\$ 575.00	\$ 1,955.00	\$ 3,675.00		\$ 100.00	INPC	\$ 10,653.65	\$55,100.00
45	3	\$30,000.00	10	\$ 425.00	\$ 158.33	\$ 575.00	\$ 1,500.00		\$ 1,100.00	INPC	\$ 3,056.16	\$23,200.00
46	3	\$13,600.00	25	\$ 266.67	\$ 108.33	\$ 345.00	\$ 680.00		\$ -	INPC	\$ 829.37	\$11,400.00
47	3	\$26,100.00	20	\$ 475.00	\$ 166.67	\$ 575.00	\$ 1,305.00		\$ -	INPC	\$ 2,514.68	\$21,100.00
48	3	\$12,500.00	8	\$ 158.33	\$ 50.00	\$ 230.00	\$ 625.00		\$ -	INPC	\$ 710.37	\$10,700.00

Tabla 3.6. Base de datos del arrendador. Se pueden apreciar las variables enumeradas de 6 a 15 mencionadas en la Tabla 3.4.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Es importante resaltar que en la Tabla 3.6, se incluyen, en las dos últimas columnas (llamadas Cálculos) la información respectiva a los cálculos del ISR y la Tasa Neta que se emplean por parte del arrendador para hacer su propuesta de renta de *EI*. Esta información es una parte de la que se empleará en la siguiente sección de la Tesis para la realización de los cálculos correspondientes para la propuesta que es el objetivo fundamental de este trabajo.

3.2. Procesamiento de los datos empleando Minitab

En esta sección se presenta un ejemplo de como se realiza el tratamiento de los datos empleando Minitab [20]. La información que el programa de cómputo presenta al realizar una sesión en él, se agrupa, para su explicación, en secciones, de las cuales se explica su contenido, contexto e interpretación, pues este tipo de información es la que se obtiene en la siguiente sección al plicar los métodos a la base de datos que se obtuvo de la aplicación de la encuesta. Vale la pena resaltar que el ejemplo que se muestra consiste, en términos generales, en la aplicación del Método de Regresión Lineal Múltiple a las diferentes variables del modelo, sin embargo solo se emplean algunas variables independientes (en este ejemplo cuatro), con fines ilustrativos. La aplicación del método que contemple todas las variables necesarias y que nos permita determinar las verdaderamente importantes o no correlacionadas, se emplean en la siguiente sección.

3.2.1 Ejemplo de aplicación del MRLM

En esta sección se describen, paso a paso, los resultados que el programa devuelve al realizar una sesión, con la finalidad de relacionarlos con la teoría descrita en el capítulo anterior. Vale la pena mencionar que la descripción de tales resultados se realiza para el precio de renta bruta como función de algunas de las variables

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

(seleccionadas al azar) que se consideran influyen en el precio de ésta; el resto de las tablas que se presentan en la sección 3.3 se interpretan de la misma forma.

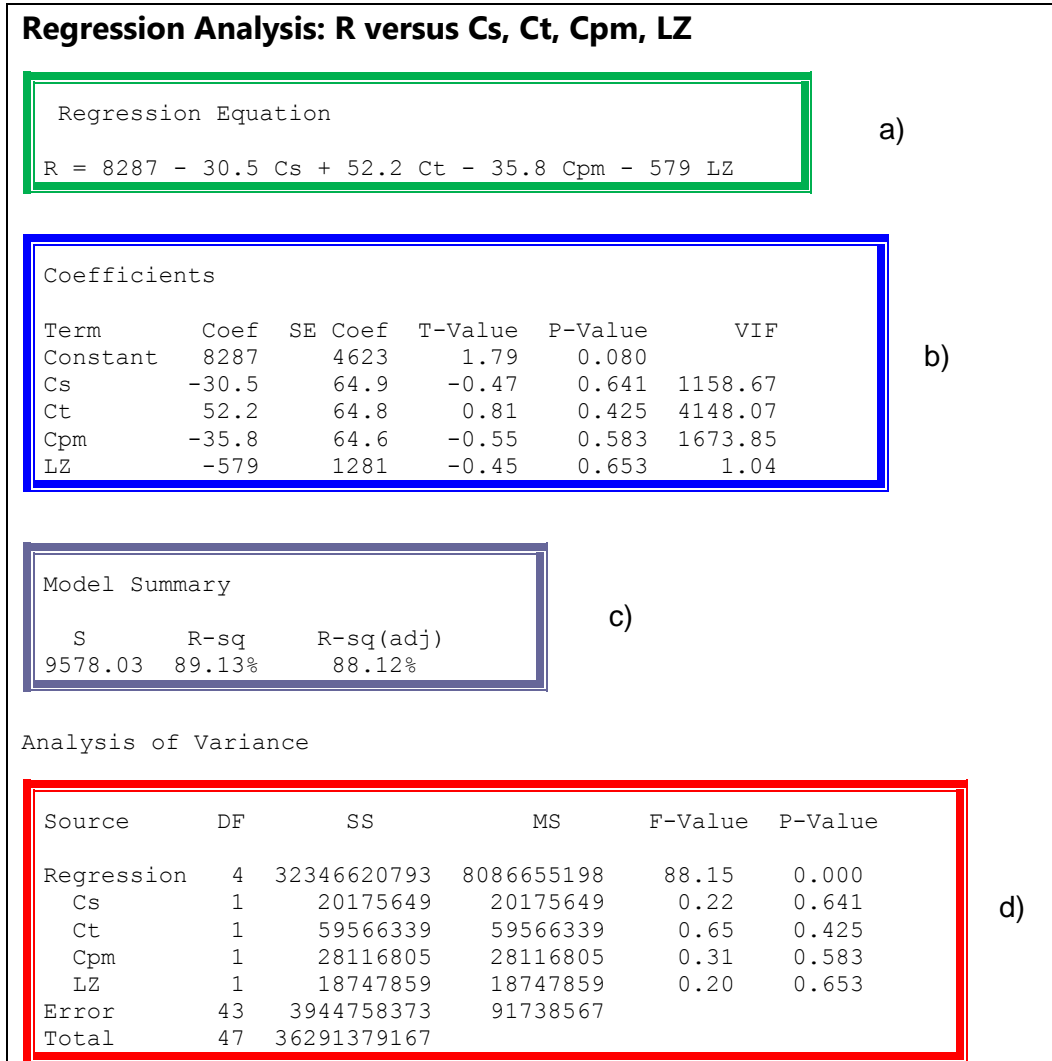


Tabla 3.7. Resultados obtenidos con Minitab para modelar el precio de renta bruta como función de algunas de las variables que intervienen o influyen en este precio. Vale la pena resaltar que los resultados que se presentan son solo con fines informativos o explicativos.

Usando la Tabla 3.7 se tiene lo siguiente: el recuadro (a) muestra la ecuación regresión, E_c (2.3), para nuestras variables involucradas: C_s = superficie techada, C_t = superficie del terreno, C_{pm} = superficie del patio de maniobras y L_z = altura máxima. Tal ecuación es:

$$R = 8287 - 30.5 C_s + 52.2 C_t - 35.8 C_{pm} - 579 L_z \quad (3.1)$$

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

De esta ecuación se obtiene que los coeficientes de la ERME son:

$$\begin{aligned}8287 &= b_0, \\ -30.5 &= b_1, \\ 52.2 &= b_2, \\ -35.8 &= b_3 \text{ y} \\ -579 &= b_4.\end{aligned}$$

De acuerdo con la teoría expuesta en el capítulo anterior, se tiene lo siguiente:

- b_0 es una estimación del valor de R cuando todas las variables independientes valen cero, es decir, cuando C_s, C_t, C_{pm} y $L_z = 0$.
- b_1 es una estimación del aumento esperado en R que corresponde a $C_s = 1$ cuando el resto de las variables independientes se mantienen constantes.
- El mismo comentario aplica para $b_2 = 52.2$, $b_3 = -35.8$, y $b_4 = -579$, es decir, b_2 es una estimación del cambio esperado en R que corresponde a $C_t = 1$ cuando las demás variables se mantienen constantes.

De acuerdo con la Sección (2.3), para explicar la proporción de la variabilidad de la variable dependiente (R) que se puede explicar con la ERME, es menester calcular el coeficiente en determinación múltiple dado por la ecuación (2.6). En nuestro caso se encuentra que $R^2 = 89.13\%$ lo cual se presenta en la parte central del recuadro (c), (R-Sq), esto es, el 89.13 % es la variación porcentual de R que se explica con la ERME. Esto significa que el 89.13 % de la variabilidad de la renta bruta se explica con la Ec. (3.1) empleando a C_s, C_t, C_{pm} y L_z como variables independientes. Al final del mismo recuadro, se encuentra el coeficiente de determinación ajustado, que se calcula con la Ec. (2.7), cuyo valor es $R_{adj}^2 = 88.12\%$; el R_{adj}^2 indica la variabilidad de R ajustada con el número de variables independientes para evitar una sobreestimación del impacto de agregar una variable independiente sobre la cantidad de variabilidad que explica la ER.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

En el recuadro (d) se muestra el análisis de varianza (“*Analysis of Variance*”) el cual incluye, entre otra información, los resultados necesarios para calcular R^2 o R^2_{adj} . Se localiza la fuente de la información (“*Source*”), los grados de libertad (DF) y la suma de cuadrados (SS) para cada tipo de fuente. De acuerdo con la Ec. (2.6), para calcular R^2 se requiere de SSR (la suma de cuadrados debida a la regresión) y SST (la suma de cuadrados debida al total), los cuales se obtienen de interceptar los renglones “*Regression*” y “*Total*” de la columna “*Source*” con la columna SS . Eso nos proporciona los siguientes resultados: $SSR=32346620793$ y $SST= 36291379167$. El cociente de SSR con SST es $R^2 = 89.13\%$. Finalmente al interceptar el renglón “*Residual Error*” de la columna “*Source*” con la columna SS , se obtiene la suma de cuadrados debida al error (SSE), que da un valor de 3944758373.

Para realizar la prueba de significancia F descrita en la sección 2.4.1 se requiere tanto el error cuadrado medio (MSE) como el error cuadrático medio debido a la regresión (MSR) definidos en la misma sección, los cuales están dados por $MSE = \frac{SSE}{DF}$ y $MSR = \frac{SSR}{DF}$. Estos valores también son calculados con Minitab. En la Tabla 3.7, recuadro (d), se incluyen estos resultados. Específicamente, MSE y MSR se obtienen de interceptar los renglones “*Regression*” y “*Residual Error*” con la columna MS , respectivamente. Así mismo, se incluye en el mismo recuadro el valor del estadístico de prueba F (denotado por F) para la prueba de hipótesis así como su correspondiente valor p (denotado por P en el recuadro).

Se mencionó que las pruebas de significancia para el MRM tienen como finalidad determinar la importancia de la relación entre las variables involucradas. Esto incluye una prueba de hipótesis para determinar si los coeficientes del modelo de regresión son cero o distintos de cero. Las pruebas a realizar son la t y la F cuyos fines particulares se han explicado en la sección 2.4.

Ambas pruebas, t y F , también se realiza Minitab y despliega sus resultados para la prueba F en el Análisis de Varianza y para las pruebas de significancia individual,

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

pruebas t , en la columna T del recuadro (b). Los valores del parámetro P para cada una de las pruebas se presentan a continuación en las columnas P del Análisis de Varianza y el recuadro (d), respectivamente.

Las hipótesis para la prueba F en ese caso con tres variables son:

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$$

$$H_a : \beta_1 \text{ y/o } \beta_2 \text{ y/o } \beta_3 \text{ no es igual a cero.}$$

Y el estadístico de prueba $F = \frac{MSR}{MSE}$.

De la tabla de análisis de varianza (recuadro d) se encuentra que $MSR=8086655198$ y $MSE = 91738567$, con lo que $F = \frac{8086655198}{91738567} \approx 88.15$ que es el valor para F reportado en el mismo recuadro.

De acuerdo con la Figura 2.3 de significancia general o la prueba F , la regla de rechazo se establece como sigue;

Regla de Rechazo:

- Con el estadístico de prueba: Rechazar H_0 si $F > F_\alpha$,
- Con el valor P: Rechazar H_0 si $p > \alpha$.

Observación: F_α se basa en la distribución F con p grados de libertad en el numerador y $n-p-1$ grados de libertad en el denominador.

Con $\alpha = 0.01$, y dado que MSR tiene cuatro grados de libertad y MSE tiene 43, de las Tablas de distribución F se encuentran los valores críticos de F_α . De acuerdo con la tabla mencionada [17, 18] se encuentra que $F_\alpha \cong 3.83$. Ahora, como $F_\alpha \cong 3.8 < F = 88.15$, entonces se rechaza H_0 y se concluye que sí existe una relación significativa, estadísticamente hablando, entre R , C_s , C_t , C_{pm} y L_z .

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Sólo por corroborar lo anterior usamos la regla de rechazo con el valor p ; para la muestra en cuestión, se obtiene que $p > 0.01 = \alpha$ (valor en la última columna de análisis de varianza) para todas las variables independientes.

Como $p > \alpha$ se puede rechazar H_0 , con lo cual se concluye que sí existe relación significativa entre las variables en cuestión (R , C_s , C_t , C_{pm} y L_z).

Finalmente, se presenta las pruebas de significancia individual. Como se explicó en la Sección 2.4.2, MSE proporciona un estimador σ^2 la varianza de términos de error del MRM. Esto implica que \sqrt{MSE} es la estimación de la desviación estándar del término del error, esto es:

$$\sqrt{MSE} \equiv s \equiv \text{error estándar de la estimación.}$$

Este valor, calculado también con Minitab, se representa en el primer parámetro del recuadro (c) de la tabla 3.6. El valor obtenido para el error estándar del modelo, s , es de 9578.03.

El valor de s se emplea para calcular la desviación estándar estimada de los coeficientes b_1 , b_2 , b_3 y b_4 , a saber S_{b_1} , S_{b_2} , S_{b_3} y S_{b_4} . S_{b_i} dados por la siguiente ecuación:

$$S_{b_i} = \frac{s}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2}}. \tag{3.2}$$

Estos resultados son presentados en la columna SE Coef del recuadro (b).

Usamos la desviación estándar estimada de los coeficientes para realizar la prueba de significancia individual. Empleando la prueba t , las hipótesis se escriben como:

$$\text{Para cualquier parámetro } \beta_i: \begin{matrix} H_o : \beta_i = 0 \\ H_a : \beta_i \neq 0. \end{matrix}$$

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Los valores de la razón o estadísticos t para los coeficientes de la ERME, se obtiene de la columna “T”, que es el resultado del coeficiente de los renglones de la columna “coef” con los renglones de la columna SE Coef, respectivamente.

Los valores de t para la hipótesis acerca de los parámetros del MRM son $t_{C_s} = -0.47$, $t_{C_t} = 0.81$, $t_{C_{pm}} = -0.55$, y $t_{LZ} = -0.45$.

Para $\alpha = 0.01$, el coeficiente de confianza asociado con ese intervalo es de $1 - \alpha$, y el valor de la razón $t_{\alpha/2}$ corresponde al valor t que da un área de $\alpha/2$ en el extremo superior o inferior (pruebas unilaterales) de una distribución t con $n-2$ grados de libertad.

Empleando la Tabla de Distribución t [17, 18], para nuestro caso con $n=48$ y por tanto $n-2 = 48-2=46$ grados de libertad, se tiene que la regla de rechazo es:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } t < -t_{\alpha/2} \text{ o bien si } t > t_{\alpha/2}.$$

Con el valor p : Rechazar H_0 si el valor $p < \alpha$ donde $t_{\alpha/2}$ se basa en una distribución t con $n-p-1$ grados de libertad. Usando la tabla se encuentra que para β_i que $t_{\alpha/2} = t_{\frac{0.005}{n=48}} = 2.687$.

Como $t_{\beta_1} = -0.47 < t_{\alpha/2} = 2.687$, entonces no se puede rechazar H_0 , esto implica que es muy probable que $\beta_1 = 0$.

Realizando el mismo calculo, pero para β_2 se tiene: $t_{\alpha/2} = t_{\frac{0.005}{n=48}} = 2.687$. Como

$t_{\beta_2} = 0.81 \Rightarrow t_{\beta_2} = 0.81 < t_{\alpha/2} = 4.032$, entonces no se puede rechazar H_0 , por lo que es muy probable que $\beta_2 = 0$. De la misma manera se realizan los cálculos para los otros coeficientes.

Usando el valor p para establecer la regla de rechazo, empleando los resultados de la Tabla (3.7), recuadro (b), columna P (última columna) se tiene lo siguiente:

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

- Para β_1 : como $p_{\beta_1} = 0.641 > \alpha = 0.010 \Rightarrow$ no se puede rechazar H_0 , por lo que probablemente $\beta_1 = 0$.
- Para β_2 : como $p_{\beta_2} = 0.425 > \alpha = 0.010$, \Rightarrow no se puede rechazar H_0 .
- Los otros coeficientes se tratan exactamente de la misma manera, por lo que no se incluyen los resultados en este ejemplo.

Observación: Es necesario mencionar que en las pruebas de significancia general e individual no es necesario realizar la prueba de hipótesis empleando el estadístico de prueba y el valor p, es suficiente sólo uno de los dos, sin preferencias sobre alguno, pues siempre produce la misma conclusión. Sin embargo, para fines prácticos conviene utilizar el nivel de significancia o valor p como criterio porque es más fácil de usar y requiere tan sólo una comparación visual con los resultados para que se pueda emplear ($p < \alpha$) [17, 18].

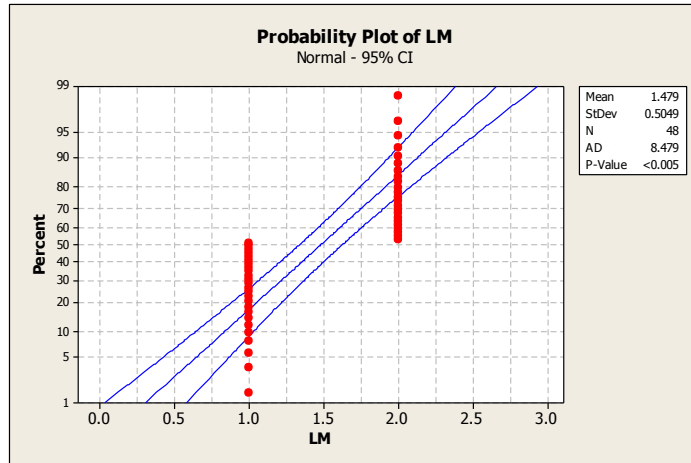
3.2.2. Obtención de resultados

En esta sección se presentan los resultados de aplicar la teoría del Capítulo 2 a la base de datos construida, es decir, se realiza el análisis de los datos empleando el método Estadístico de Regresión Lineal Múltiple empleando el software Minitab, tanto para el arrendatario como para el arrendador.

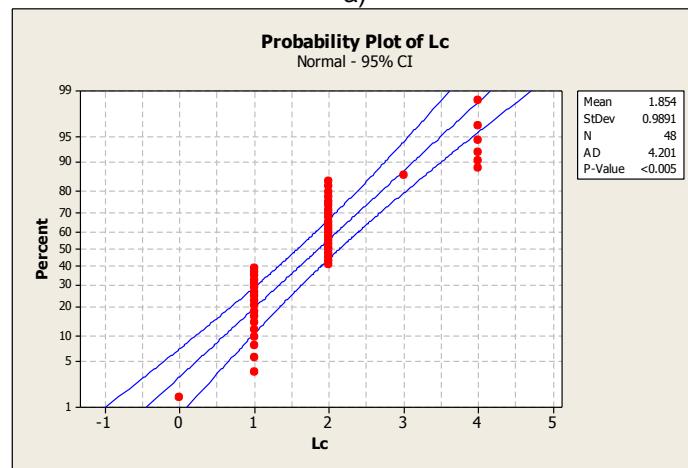
Para el arrendatario se tiene: la base de datos de la Tabla 3.5 contiene datos cualitativos y cuantitativos. Algunas de las variables del primer tipo se eliminan porque no aportan información importante al modelo, mientras que algunas de las variables cualitativas tienen una obvia y alta correlación, por lo que se eliminan y se dejan únicamente aquellas que por experiencia se suelen considerar en el cálculo de la renta bruta y/o neta.

Al final se obtiene un conjunto de 14 variables independientes (o predictores) y se toma a la renta como la variable respuesta.

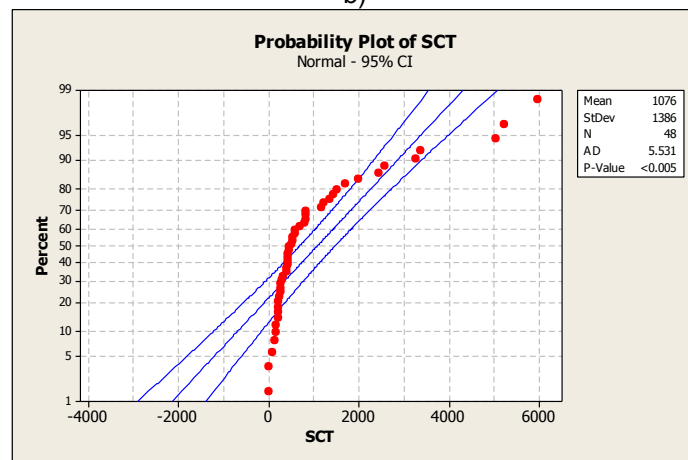
Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados



a)



b)



c)

Fig. 3.1. Gráficas de probabilidad para las variables LM, Lc y Lz, respectivamente, en las que se aprecia que su comportamiento no es normal, por lo que éstas se eliminan del modelo.

El primer paso para determinar las variables que se deben considerar en el modelo es realizar un análisis de residuales mediante la gráfica de Probabilidad Normal para

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

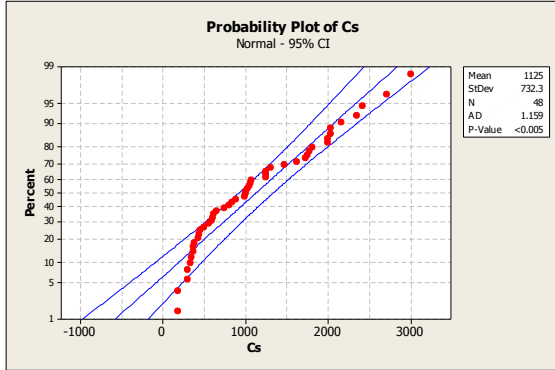
cada una de las variables “independientes” o predictoras, con la finalidad de que aquellas que no cumplan con este requisito serán eliminadas del modelo, pues no se puede asumir que su comportamiento es normal y por lo tanto no se les puede tratar como variables normales o gaussianas.

El análisis mencionado se presenta en las Figuras 3.1 y 3.2. En la primera se muestran las variables (tres) cuyo comportamiento no es normal, mientras que en la segunda de estas figuras se presentan aquellas variables cuya gráfica de probabilidad normal si muestra el comportamiento adecuado y descrito en el capítulo anterior, con lo que son entonces las variables que se consideran al emplear el software para realizar el análisis de regresión.

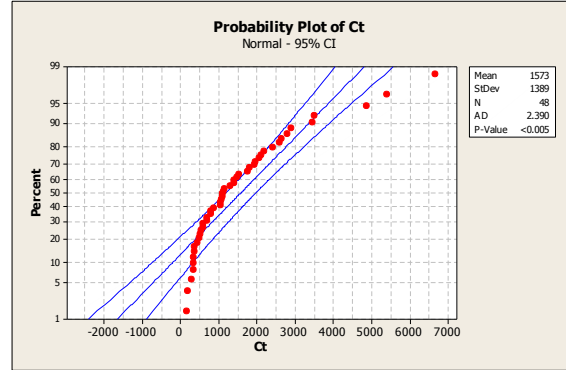
De acuerdo con los resultados mostrados en las tablas mencionadas, se tiene entonces que para realizar el análisis de regresión se deben considerar únicamente once variables predictoras, a saber C_s , C_t , C_{pm} , CAM, CAM_1, L_z , L_{da} , L_{dr} , LM_c , E_{ck} y E_{co} .

En estas condiciones, el primer paso es realizar el análisis de regresión empleando las once variables mencionadas y considerando los 48 datos obtenidos en las encuestas, es decir, realizar el análisis de la renta R contras las once variables “independientes”. Posteriormente se tomará en cuenta el FVI para determinar cuáles de estas variables son las más correlacionadas (aquella con el valor del FVI más alto, como se explicó en el capítulo anterior), eliminar, de una en una, las variables más correlacionadas, y así sucesivamente, hasta obtener el modelo con los valores de FVI relativamente, o razonablemente, bajo, de modo que las variables a considerar serán éstas con FVI lo más cercano a la unidad.

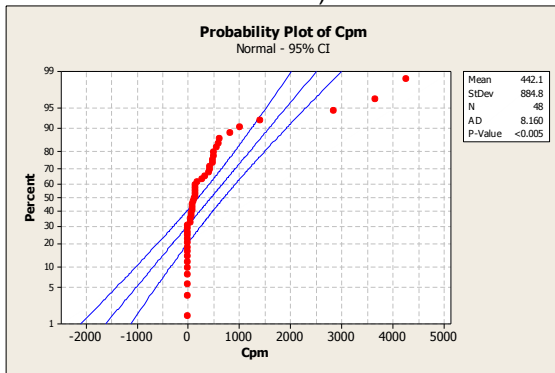
Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados



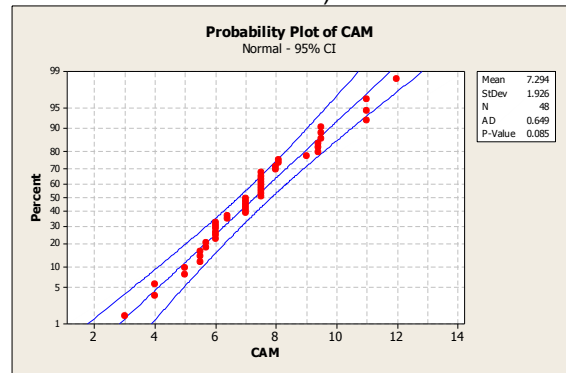
a)



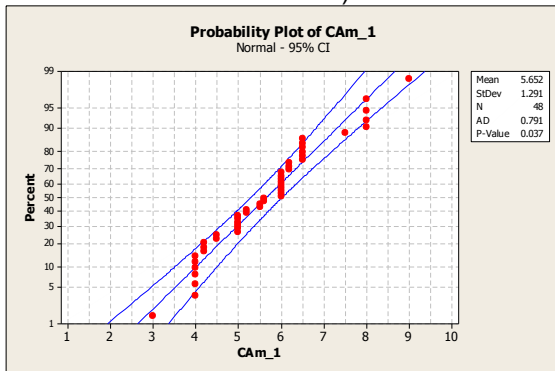
b)



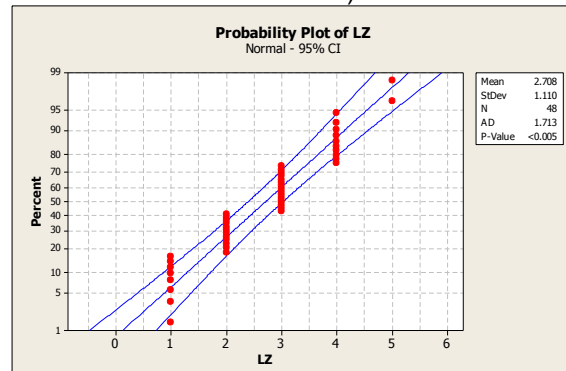
c)



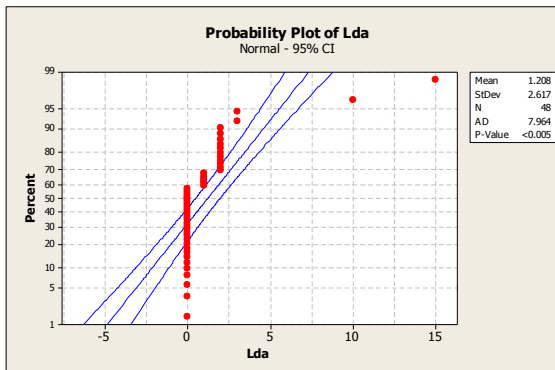
d)



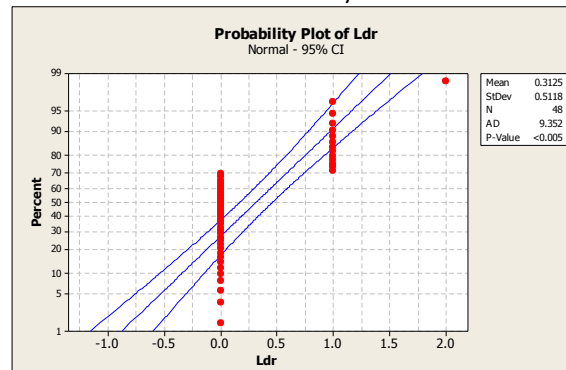
e)



f)



g)



h)

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

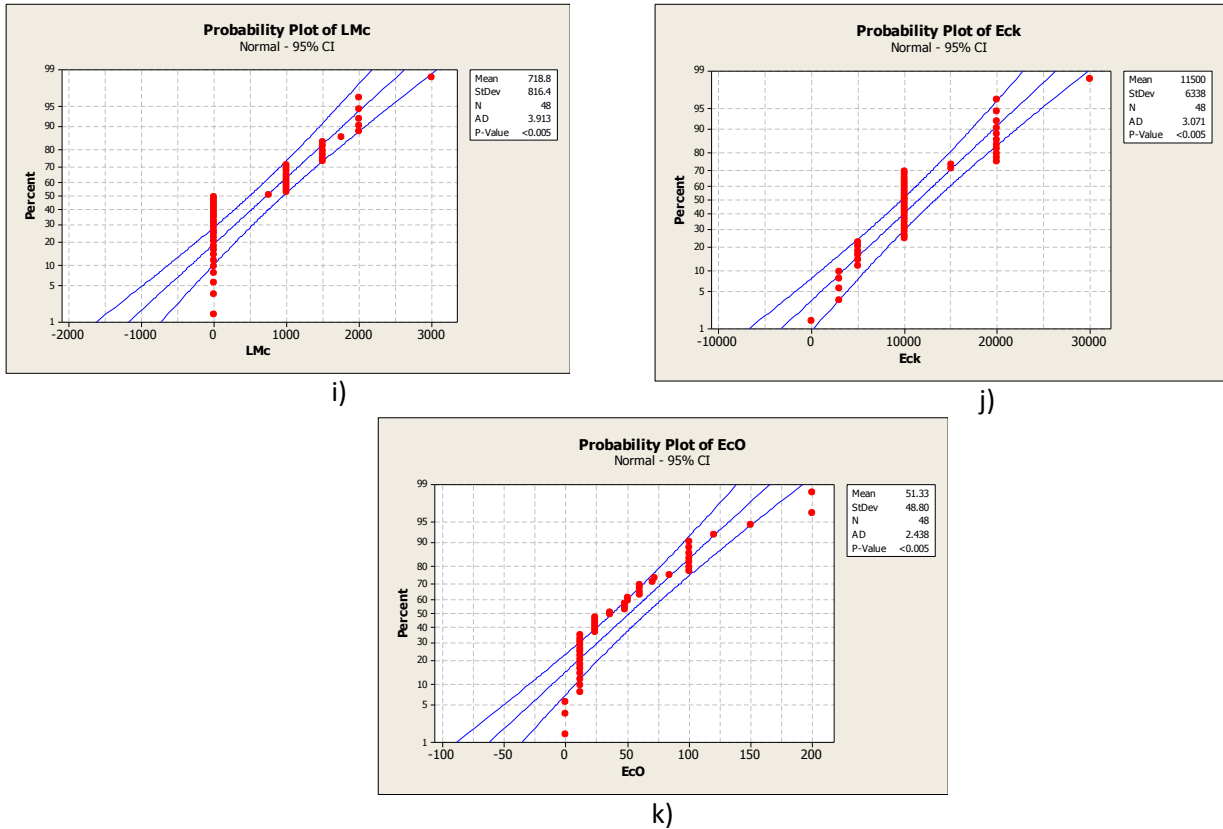


Fig. 3.2. SE muestran, desde a) hasta k), las variables que tuvieron un comportamiento normal o casi normal, y que por lo tanto se consideran para el análisis de regresión.

El resultado del primer análisis de regresión se presenta en la siguiente tabla.

Analisis con todas las variables

Regression Analysis: R versus Cs, Ct, ...

The regression equation is

$$R = - 5317 - 65.1 Cs + 85.2 Ct - 64.2 Cpm - 692 CAM + 2588 CAm_1 + 509 LZ - 1605 Lda - 575 Ldr + 3.95 LMc + 0.268 Eck - 60.9 EcO$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-5317	9681	-0.55	0.586	
Cs	-65.06	62.49	-1.04	0.305	1374.7
Ct	85.23	62.58	1.36	0.182	4957.9
Cpm	-64.21	61.91	-1.04	0.307	1969.9
CAM	-692	1164	-0.59	0.556	3.3
CAm_1	2588	1404	1.84	0.074	2.2
LZ	509	1420	0.36	0.722	1.6
Lda	-1605.5	992.8	-1.62	0.115	4.4
Ldr	-575	3485	-0.16	0.870	2.1
LMc	3.952	2.174	1.82	0.077	2.1
Eck	0.2682	0.2711	0.99	0.329	1.9
EcO	-60.89	36.01	-1.69	0.099	2.0

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

```

S = 8461.17   R-Sq = 92.9%   R-Sq(adj) = 90.7%

Analysis of Variance

Source          DF          SS          MS          F          P
Regression      11  33714088812  3064917165  42.81  0.000
Residual Error  36  2577290354   71591399
Total          47  36291379167
    
```

Tabla 3.8. Se presentan los resultados que se obtienen en Minitab, para el análisis de regresión que contiene a las 11 variables predictoras. Se puede observar que el FVI más alto corresponde a la variable C_t , que por lo tanto es la más correlacionada con otras variables y es menester eliminar del modelo para realizar un segundo análisis.

De la tabla anterior se aprecia que la variable más correlacionada es C_t . Vale la pena resaltar que los valores del FVI para las variables C_s y C_{pm} son muy grandes, por lo que se puede pensar en eliminar estas tres variables simultáneamente, sin embargo, el procedimiento estadístico establece que se debe eliminar solo una variable, aquella con el FVI más alto. Por lo tanto se procede a eliminar esa variable, C_t , y se vuelve a realizar el análisis de regresión. Los resultados de este segundo análisis se presentan en la siguiente tabla.

```

Regression Analysis: R versus Cs, Cpm, ...

The regression equation is
R = - 2726 + 19.9 Cs + 20.0 Cpm - 714 CAM + 2496 CAm_1 + 52 LZ - 1451 Lda
  + 1261 Ldr + 3.66 LMc + 0.262 Eck - 59.8 EcO

Predictor      Coef      SE Coef      T          P      VIF
Constant      -2726      9602      -0.28      0.778
Cs             19.897     3.550     5.61      0.000   4.3
Cpm            20.015     2.766     7.24      0.000   3.8
CAM            -714       1177     -0.61     0.548   3.3
CAm_1          2496       1418     1.76     0.087   2.2
LZ             52         1396     0.04     0.971   1.5
Lda            -1450.9    997.6    -1.45    0.154   4.4
Ldr            1261       3251     0.39     0.700   1.8
LMc            3.662      2.188     1.67     0.103   2.0
Eck            0.2619     0.2742    0.96     0.346   1.9
EcO            -59.80     36.41    -1.64    0.109   2.0

S = 8558.32   R-Sq = 92.5%   R-Sq(adj) = 90.5%

Analysis of Variance

Source          DF          SS          MS          F          P
Regression      10  33581317093  3358131709  45.85  0.000
Residual Error  37  2710062074   73244921
Total          47  36291379167
    
```

Tabla 3.9. Resultados del segundo análisis de regresión con 10 variables predictoras. En este caso el FVI más alto corresponde a la variable L_{da} , que por lo tanto es la más correlacionada con otras variables y se elimina del modelo.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

De los resultados de la tabla 3.9 se obtiene que es necesario realizar un tercer análisis que no incluya a la variable L_{da} , pues ésta obtuvo el valor de FVI más alto.

Regression Analysis: R versus Cs, Cpm, ...						
The regression equation is						
R = 1321 + 20.7 Cs + 17.0 Cpm - 795 CAM + 2346 CAm_1 - 431 LZ + 1647 Ldr + 2.79 LMc + 0.191 Eck - 84.0 EcO						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	1321	9323	0.14	0.888		
Cs	20.666	3.561	5.80	0.000	4.2	
Cpm	16.954	1.821	9.31	0.000	1.6	
CAM	-795	1193	-0.67	0.509	3.3	
CAm_1	2346	1435	1.63	0.110	2.1	
LZ	-431	1375	-0.31	0.756	1.5	
Ldr	1647	3287	0.50	0.619	1.8	
LMc	2.791	2.136	1.31	0.199	1.9	
Eck	0.1906	0.2737	0.70	0.490	1.9	
EcO	-83.96	32.87	-2.55	0.015	1.6	
S = 8682.99 R-Sq = 92.1% R-Sq(adj) = 90.2%						
Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	9	33426395321	3714043925	49.26	0.000	
Residual Error	38	2864983845	75394312			
Total	47	36291379167				

Tabla 3.10. Resultados del tercer análisis de regresión.

De acuerdo con los resultados de la tabla anterior, se requiere un cuarto análisis que no incluya a la variable C_s . Sin embargo la experiencia nos muestra que esta es una variable fundamental en el cálculo de la renta neta o bruta de un EI , por lo que no se puede eliminar de forma tan directa. La razón por la que puede presentar ese FVI relativamente elevado se puede deber a diversos factores y requiere de análisis extra, que por cuestiones de factibilidad no se pueden realizar en este trabajo. Un método para salvar esta situación consiste en eliminar la variable con el segundo valor de FVI más elevado y revisar el comportamiento del FVI de la variable no eliminada, en este caso C_s . Si el FVI de esta última disminuye, el proceso realizado es correcto, siempre y cuando los valores del FVI de las variables restantes se mantengan iguales o disminuyan; si disminuye, pero no a valores cercanos a 1, se puede realizar un estudio de los valores extremos de la base de datos para analizar el comportamiento del FVI de C_s . considerando también los

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

valores del coeficiente de determinación múltiple. Los resultados de este cuarto corrida del análisis de regresión correspondiente se presentan en la Tabla 3.11.

Regression Analysis: R versus Cs, Cpm, CAm_1, LZ, Ldr, LMc, Eck, EcO						
The regression equation is						
R = - 1207 + 19.7 Cs + 17.1 Cpm + 1749 CAm_1 - 128 LZ + 1705 Ldr + 2.64 LMc + 0.201 Eck - 78.2 EcO						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-1207	8456	-0.14	0.887		
Cs	19.666	3.206	6.13	0.000	3.5	
Cpm	17.147	1.785	9.61	0.000	1.6	
CAm_1	1749	1113	1.57	0.124	1.3	
LZ	-128	1289	-0.10	0.921	1.3	
Ldr	1705	3262	0.52	0.604	1.8	
LMc	2.643	2.109	1.25	0.217	1.9	
Eck	0.2008	0.2713	0.74	0.464	1.9	
EcO	-78.23	31.50	-2.48	0.017	1.5	
S = 8620.90 R-Sq = 92.0% R-Sq(adj) = 90.4%						
Analysis of Variance						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Regression	8	33392904673	4174113084	56.16	0.000	
Residual Error	39	2898474494	74319859			
Total	47	36291379167				

Tabla 3.11. Resultados del cuarto análisis de regresión.

Comparando las dos últimas tablas se observa que en efecto el FVI de C_s , así como el de otras variables, disminuye, y aquellas en que no disminuye, se mantiene constante, por lo que se considera que este último análisis es correcto.

Sin embargo, con la finalidad de mejorar el valor del FVI de la variable C_s se realiza un quinto análisis de regresión en el que se han eliminado los valores extremos de la base de datos. Los resultados se muestran en la Tabla 3.12.

Regression Analysis: R versus Cs, Cpm, CAm_1, LZ, Ldr, LMc, Eck, EcO						
The regression equation is						
R = - 6029 + 19.1 Cs + 3.05 Cpm + 2143 CAm_1 + 166 LZ + 4139 Ldr + 2.58 LMc + 0.539 Eck - 59.8 EcO						
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF	
Constant	-6029	9698	-0.62	0.539		
Cs	19.140	3.143	6.09	0.000	3.2	

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Cpm	3.045	5.490	0.55	0.583	2.0
CAm_1	2143	1318	1.63	0.114	1.8
LZ	166	1445	0.11	0.909	1.5
Ldr	4139	3142	1.32	0.197	1.7
LMc	2.580	2.135	1.21	0.236	2.0
Eck	0.5388	0.2816	1.91	0.065	2.2
EcO	-59.81	32.52	-1.84	0.075	1.4
S = 7887.49 R-Sq = 88.5% R-Sq(adj) = 85.6%					
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	8	15294450146	1911806268	30.73	0.000
Residual Error	32	1990799610	62212488		
Total	40	17285249756			

Tabla 3.12. Resultados del quinto análisis de regresión.

Los resultados de la tabla anterior muestran que, al compararlos con los de la Tabla 3.11, el valor del FVI de C_s no disminuye drásticamente, además de que el FVI de otras variables se incrementa y el CDM disminuye 3.5 puntos porcentuales.

Los resultados de la Tabla 3.12 permiten concluir que el análisis de regresión más viable es el obtenido en el cuarto caso (mostrado en la Tabla 3.11).

Para el arrendador se procede exactamente de la misma manera que con el arrendatario. Inicialmente se consideran nueve variables predictoras, pero debido a que se eliminan desde antes de realizar cualquier análisis de regresión a cinco de éstas variables porque no aportan información importante al modelo. Las variables restantes son: D_p , E_d , M_t y D_s . Sin embargo, al construir las Gráficas de Probabilidad Normal para estas variables se encuentran los resultados que se muestran en la Figura 3.3, en la que se puede apreciar que la variable D_s , parte a) de la Figura, no presenta el comportamiento apropiado para que sea incluida en el modelo, es decir, su comportamiento no es normal, por lo que se elimina del análisis y al final éste se realiza considerando únicamente a tres variables: D_p , E_d , M_t .

Es importante mencionar que la variable respuesta, la renta, etiquetada como R, sí se comporta de manera normal, como se muestra en la Figura 3.4.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

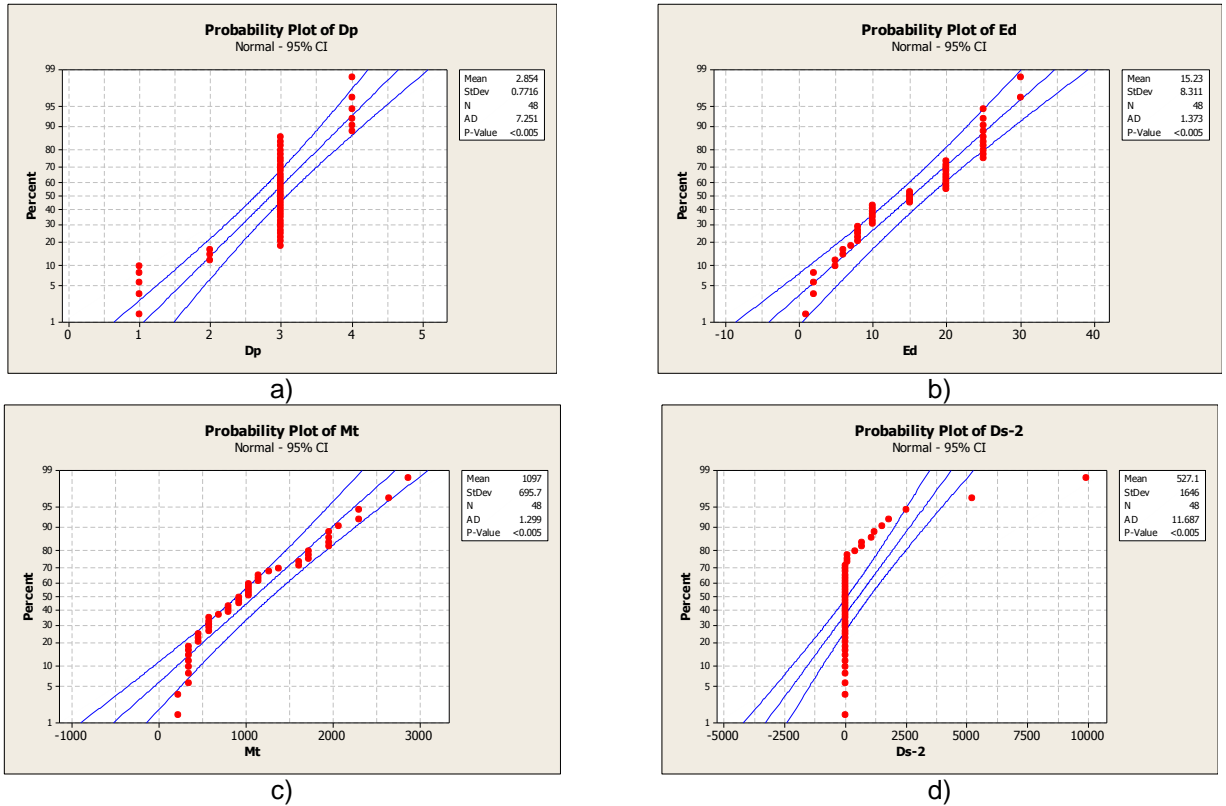


Fig. 3.3. Gráficas de Probabilidad Normal de las variables D_p , E_d , M_t y D_s en las que se puede apreciar, en la parte d), que D_s (D_s-2) no se comporta de manera normal, por lo que debe eliminarse del modelo, mientras que las restantes variables sí lo hacen.

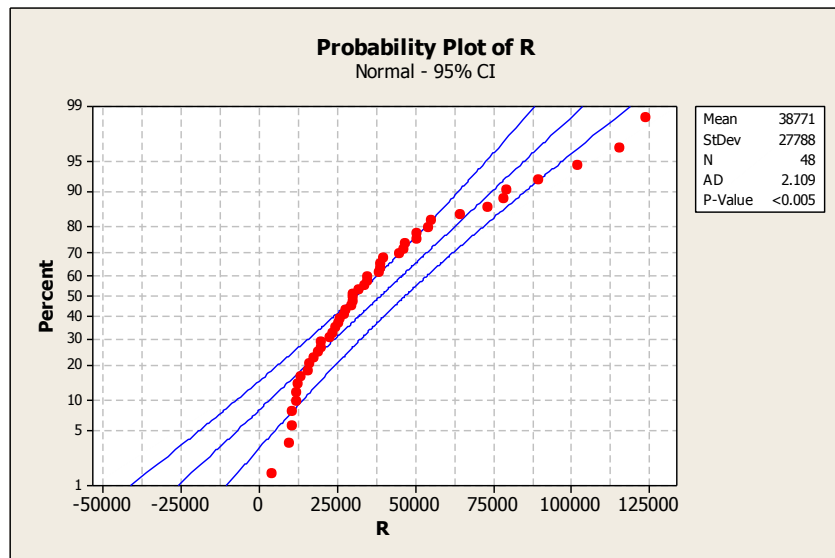


Fig. 3.4. Gráficas de Probabilidad Normal de las variables D_p , E_d , M_t y D_s en las que se puede apreciar, en la parte d), que D_s no se comporta de manera normal, por lo que debe eliminarse del modelo, mientras que las restantes variables sí lo hacen.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

El análisis de regresión correspondiente se realiza con tan solo las variables D_p , E_d y M_t y los respectivos resultados se presentan en la Tabla 3.13.

Regression Analysis: R versus Ed, Mt, Dp					
The regression equation is					
R = 1861 - 482 Ed + 33.8 Mt + 2515 Dp					
Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	1861	11101	0.17	0.868	
Ed	-482.1	294.4	-1.64	0.109	1.1
Mt	33.787	3.521	9.60	0.000	1.1
Dp	2515	3336	0.75	0.455	1.2
Constant	1861	11101	0.17	0.868	
S = 15849.4	R-Sq = 69.5%	R-Sq(adj) = 67.5%			
Analysis of Variance					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	3	25238379176	8412793059	33.49	0.000
Residual Error	44	11052999991	251204545		
Total	47	36291379167			

Tabla 3.13. SE muestran los resultados del análisis de regresión para el arrendador.

La tabla anterior muestra los resultados del análisis de regresión para el arrendador; el análisis emplea solo tres variables predictoras, siendo la variable respuesta la renta R. Es importante notar que por un lado no se requirieron más análisis, pues todas las predictoras presentaron un FVI cercano a la unidad, Por otro lado, el valor del CDM obtenido fue de aproximadamente el 70 %, el cual es razonablemente aceptable. En la siguiente sección se realiza un análisis de los resultados obtenidos en la presente sección.

3.3. Análisis de resultados

En esta sección se realiza el análisis de los resultados obtenidos en la sección anterior. Iniciamos mencionando que existen resultados para el arrendador y para el arrendatario. Los resultados se separan por razones obvias.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

- Para el arrendatario se tiene que de acuerdo con los resultados obtenidos se eliminaron desde el inicio las variables cualitativas L_M y L_C porque no aportan información importante al modelo. Adicionalmente se eliminó la variable SCT porque su comportamiento no es normal, es decir, no cumple con los postulados para la aplicación del Método de Regresión Lineal Múltiple. Esto se puede ver en las gráficas de probabilidad normal, Fig. (3.1, partes a)-c)). En estas condiciones quedaron entonces solo 11 variables a las cuales se les aplicó el análisis estadístico correspondiente. Al realizar el análisis de regresión correspondiente se obtuvo, en el primer caso que no obstante el CDM era bastante alto (92.9 %), existían valores del FVI muy elevados para las variables C_s , C_t , y C_{pm} , lo cual es un indicador de que estas variables están altamente correlacionadas. Entonces se procedió a eliminar la variable con el FVI más elevado, es decir, el de C_t , se volvió a correr el programa y se obtuvo el segundo caso de análisis de regresión. En éste se observa que el CDM baja en menos de medio punto porcentual, por lo que el modelo sigue siendo bastante bueno; adicionalmente los FVI bajan drásticamente a valores mucho más razonables, encontrando que el FVI más elevado fue el de la variable L_{da} , por lo que se repitió el proceso de eliminar esta variable y volver a correr el programa y realizar un tercer análisis de regresión. El tercer resultado muestra que por un lado el CDM vuelve a bajar muy poco y tiene un valor de 92.1 %, lo cual sugiere que el resultado continúa siendo razonable; por otro lado el FVI de la variable C_s no cambió mucho respecto al análisis anterior (de 4.3 a 4.2). Sin embargo no se puede eliminar a esta variable porque es de fundamental importancia al considerar el precio de renta de un EI, por lo que se procedió a eliminar la variable con el segundo FVI más alto, que correspondió a C_{AM} (la altura máxima), que no es una variable comúnmente muy considerada en la renta. Eliminada la variable C_{AM} se realizó un cuarto análisis de regresión, en el que se observa que el CDM se mantiene en el 90.0 %, es bastante razonable y los FVI bajan o se mantienen iguales, particularmente el de C_s ,

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

con lo que se considera que el resultado ya es razonablemente bueno. Esto se ilustra en la Tabla 3.14.

Regression Analysis: R versus Cs, Cpm, CAm_1, LZ, Ldr, LMc, Eck, EcO

The regression equation is
 $R = - 6029 + 19.1 Cs + 3.05 Cpm + 2143 CAm_1 + 166 LZ + 4139 Ldr + 2.58 LMc + 0.539 Eck - 59.8 EcO$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-6029	9698	-0.62	0.539	
Cs	19.140	3.143	6.09	0.000	3.2
Cpm	3.045	5.490	0.55	0.583	2.0
CAm_1	2143	1318	1.63	0.114	1.8
LZ	166	1445	0.11	0.909	1.5
Ldr	4139	3142	1.32	0.197	1.7
LMc	2.580	2.135	1.21	0.236	2.0
Eck	0.5388	0.2816	1.91	0.065	2.2
EcO	-59.81	32.52	-1.84	0.075	1.4

S = 7887.49 **R-Sq = 88.5%** R-Sq(adj) = 85.6%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	8	15294450146	1911806268	30.73	0.000
Residual Error	32	1990799610	62212488		
Total	40	17285249756			

Tabla 3.14. Análisis de Regresión en el que se han eliminado 7 datos atípicos o con valores muy altos o muy bajos en el precio de renta. Notemos que el valor del FVI (o VIF) se incrementan para algunas variables, para C_s baja muy poco, pero el CDM baja 3.5 puntos porcentuales, respecto a la información presentada en la Tabla 3.11. Esta información está señalada con los recuadros en rojo.

Empero este resultado y con la finalidad de buscar reducir aún más el valor del FVI de la variable C_s , se realiza un quinto análisis de regresión eliminando los valores atípicos o con valores muy elevados o muy bajos en el precio de renta, de tal modo que se eliminaron solo 7 datos. Al realizar el análisis de regresión mencionado (que se muestra en la Tabla 3.12) se encuentra que el FVI de C_s no baja de forma tan drástica, (de 3.5 a 3.2), sin embargo el CDM baja 3.5 puntos porcentuales, obteniendo un valor de 88.5 %, pero algunos de los FVI de algunas variables se incrementan, por lo que se concluye que el análisis anterior resulta mejor para su uso, pues es más confiable.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

- Para el arrendador se consideran inicialmente nueve variables “independientes”; sin embargo se eliminan desde el inicio cinco de éstas debido a que no aportan información importante al modelo, de modo que solo quedan las variables D_p , E_d , M_t y D_s (llamada **Ds-2** en el modelo de regresión). Adicionalmente se elimina la variable D_s porque al realizar su gráfica de probabilidad normal, se observa que esta variable no cumple con los postulados para la aplicación del Método de Regresión Lineal Múltiple (ver Fig. 3.3). En estas condiciones quedan solo tres variables, a las cuales se les aplicó el análisis estadístico correspondiente. Es importante mencionar que los datos de la variable respuesta, es decir, la renta, sí se comporta de manera normal, como lo muestra la Figura 3.4. Al realizar el análisis de regresión correspondiente se obtuvo un modelo de ecuación bastante bueno en cuanto al FVI, con un CDM razonablemente bueno (con un valor de 69.5 %), como se muestra en la Tabla 3.13, por lo que no hubo necesidad de realizar más análisis de regresión. La idea es que la ecuación de regresión obtenida resulta ser suficientemente buena para ser empleada para determinar valores de predicción en el precio de renta de un EI , desde el punto de vista del arrendador.

3.4 Estimación de la Tasa de Capitalización y aplicación de la misma en la determinación del valor por m² de EI 's

Una vez obtenidos los modelos matemáticos, se pueden cuantificar el monto de la renta bruta para cada EI tanto para el arrendador como para el arrendatario. En la Tabla 3.15 se pueden comparar de los tres valores.

Se puede apreciar que los resultados del análisis de regresión desde ambos puntos de vista concuerdan con los presentados en la base de datos.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

EI	ARRENDATARIO	BASE DATOS	ARRENDADOR	EI	ARRENDATARIO	BASE DATOS	ARRENDADOR
	R.R.ARIO	R	R.R.DOR		R.R.ARIO	R	R.R.DOR
1	\$ 21,400.50	\$ 27,500.00	\$ 29,385.00	25	\$ 28,658.80	\$ 25,700.00	\$ 29,929.00
2	\$ 30,188.00	\$ 30,300.00	\$ 31,795.00	26	\$ 17,557.40	\$ 20,200.00	\$ 16,791.00
3	\$ 31,171.40	\$ 28,000.00	\$ 35,787.00	27	\$ 16,869.10	\$ 16,200.00	\$ 12,904.00
4	\$ 19,319.00	\$ 12,000.00	\$ 15,178.00	28	\$ 8,823.00	\$ 4,400.00	\$ 7,645.00
5	\$ 25,916.47	\$ 15,800.00	\$ 20,134.00	29	\$ 35,736.60	\$ 39,000.00	\$ 48,820.00
6	\$ 20,651.40	\$ 23,900.00	\$ 24,126.00	30	\$ 40,978.10	\$ 19,000.00	\$ 25,498.00
7	\$ 39,723.70	\$ 35,000.00	\$ 34,749.00	31	\$ 11,639.60	\$ 10,000.00	\$ 9,017.00
8	\$ 51,250.70	\$ 85,000.00	\$ 89,167.00	32	\$ 12,210.90	\$ 12,000.00	\$ 9,017.00
9	\$ 47,889.60	\$ 53,900.00	\$ 57,861.00	33	\$ 10,778.40	\$ 10,800.00	\$ 6,607.00
10	\$ 43,804.43	\$ 50,700.00	\$ 53,974.00	34	\$ 97,442.40	\$ 101,900.00	\$ 65,845.00
11	\$ 33,166.70	\$ 35,000.00	\$ 36,646.00	35	\$ 123,655.60	\$ 115,700.00	\$ 83,290.00
12	\$ 19,116.70	\$ 20,100.00	\$ 18,175.00	36	\$ 31,423.60	\$ 29,500.00	\$ 35,651.00
13	\$ 41,749.50	\$ 40,000.00	\$ 38,877.00	37	\$ 47,681.50	\$ 38,600.00	\$ 44,420.00
14	\$ 41,168.50	\$ 39,200.00	\$ 33,711.00	38	\$ 67,677.60	\$ 78,200.00	\$ 67,217.00
15	\$ 28,604.50	\$ 32,200.00	\$ 32,339.00	39	\$ 15,671.40	\$ 17,500.00	\$ 22,649.00
16	\$ 57,729.00	\$ 54,500.00	\$ 60,271.00	40	\$ 11,731.40	\$ 10,500.00	\$ 18,762.00
17	\$ 46,235.60	\$ 55,200.00	\$ 54,289.00	41	\$ 107,087.30	\$ 123,700.00	\$ 63,855.00
18	\$ 12,670.70	\$ 24,600.00	\$ 34,749.00	42	\$ 65,766.80	\$ 64,500.00	\$ 68,045.00
19	\$ 79,427.80	\$ 89,400.00	\$ 96,941.00	43	\$ 34,835.40	\$ 33,800.00	\$ 37,610.00
20	\$ 65,230.00	\$ 48,120.00	\$ 65,845.00	44	\$ 83,217.70	\$ 73,500.00	\$ 63,435.00
21	\$ 71,037.00	\$ 79,300.00	\$ 77,506.00	45	\$ 25,836.39	\$ 30,000.00	\$ 24,021.00
22	\$ 38,165.00	\$ 46,300.00	\$ 38,636.00	46	\$ 11,489.20	\$ 13,600.00	\$ 9,017.00
23	\$ 37,571.40	\$ 45,000.00	\$ 51,199.00	47	\$ 21,548.40	\$ 26,100.00	\$ 19,201.00
24	\$ 17,019.40	\$ 22,700.00	\$ 27,877.00	48	\$ 13,380.30	\$ 12,500.00	\$ 13,324.00

Tabla 3.15. Valores de la Renta obtenidos empleando las ecuaciones de Regresión de la sección anterior. En el centro se muestran los valores de la renta de la base de datos para realizar una comparación visual rápida.

En la siguiente gráfica de probabilidad, se puede apreciar que las tres rentas brutas (la de la base de datos, la del modelo matemático del arrendador y la del modelo del arrendatario), se comportan de manera normal, con una certeza del 95 %. Obsérvese que los valores de los residuos estandarizados son muy similares, y las diferencias ocurren solo para los valores extremos (mínimos y máximos).

Para obtener el valor de un *EI*, por el método de ingresos, tal como se comentó en el capítulo 1, es imprescindible saber el valor de las rentas netas anualizadas (ya obtenido en la Tabla 3.6) y el valor de la tasa de capitalización.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

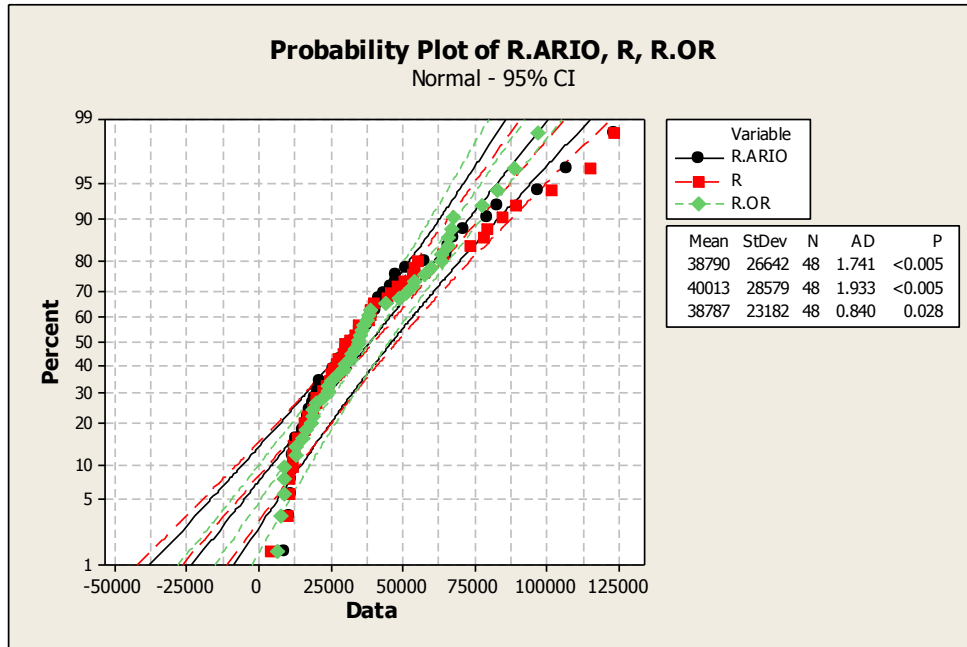


Fig. 3.5. Gráfica de probabilidad normal de la renta bruta para el arrendatario (en negro), el arrendador (en verde) y de la base de datos (en rojo).

Para estimar la tasa de capitalización, en ese mismo capítulo se propusieron tres métodos:

1. el cálculo de la tasa con base al mercado, Ec. (1.4),
2. la Tasa de capitalización mediante la suma de las tasas de Amortización Acumulada y de Interés Neta, Ecs. (1.5) y (1.6),
3. y mediante la tabla del ingeniero Bermejo.

A continuación se realizan los cálculos para obtener la tasa en base a los dos primeros modelos y con los resultados obtenidos se obtienen los valores de los EI 's por m^2 .

1. Tasa de capitalización con base al mercado (T). Para poder aplicar la Ec. (1.4), se investigaron los precios de propiedades industriales que estén tanto en venta (VO_v) como en renta (RB_M), mismas que se expresan en siguiente tabla.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

RB_M	VO_v	TB_M	% Ded	Ded	$Tded$	T
\$ 40,000.00	\$ 5,500,000.00	0.087	0.222	\$ 8,860.00	0.019	0.068
\$ 55,000.00	\$ 7,500,000.00	0.088	0.222	\$ 12,182.50	0.019	0.069
\$ 45,000.00	\$ 6,500,000.00	0.083	0.222	\$ 9,967.50	0.018	0.065
\$ 22,000.00	\$ 3,000,000.00	0.088	0.222	\$ 4,873.00	0.019	0.069
\$ 12,500.00	\$ 1,400,000.00	0.107	0.222	\$ 2,768.75	0.024	0.083
\$ 350,000.00	\$ 52,000,000.00	0.081	0.222	\$ 77,525.00	0.018	0.063
\$ 10,500.00	\$ 1,200,000.00	0.105	0.222	\$ 2,325.75	0.023	0.082
\$ 35,000.00	\$ 4,500,000.00	0.093	0.222	\$ 7,752.50	0.021	0.073
\$ 15,000.00	\$ 2,500,000.00	0.072	0.222	\$ 3,322.50	0.016	0.056
\$ 40,000.00	\$ 2,937,500.00	0.163	0.222	\$ 8,860.00	0.036	0.127
\$ 300,000.00	\$ 42,000,000.00	0.086	0.222	\$ 66,450.00	0.019	0.067
\$ 180,000.00	\$ 23,000,000.00	0.094	0.222	\$ 39,870.00	0.021	0.073
\$ 42,000.00	\$ 6,500,000.00	0.078	0.222	\$ 9,303.00	0.017	0.060
\$ 110,000.00	\$ 15,000,000.00	0.088	0.222	\$ 24,365.00	0.019	0.069
					$T=$	0.073

Tabla 3.16. Precios de venta (VO_v) y de renta (RB_M) de EI 's en la ciudad de Puebla y zonas aledañas, empleadas para determinar T .

El valor de T se calcula como el promedio de las T 's de todos los EI 's considerados. El valor resultante se resalta en amarillo en la tabla anterior y es de 0.073.

El valor de las deducciones, se consideran como índices de deducción, los cuales se toman de la misma base de datos del arrendador de la siguiente forma: se calculan las deducciones para el dato i -ésimo (es decir, la suma de los valores de las variables P_r , S_g , M_t , A_d , D_s e ISR), el resultado de esta suma se divide por la renta bruta. En este caso se tiene 48 datos de índices de deducción, con los cuales calcula entonces el índice de deducción a emplear en los cálculos posteriores, dado por su promedio. El valor resultante para el índice promedio de deducciones obtenido fue 0.2215 con una desviación estándar de 0.04146. Por lo tanto se puede afirmar, con justificación estadística⁷ que la mayoría de los EI 's tienen un valor de índice de deducción en el intervalo $0.1800 < Ded < 0.2629$. Considerando el promedio de la tasa de capitalización con base al mercado para cada una, el resultado es $T=0.073$. Sustituyendo el valor promedio del índice de deducciones y considerando

⁷ De acuerdo con la regla empírica para la Distribución Norma Estándar, la mayoría de los datos significa la media \pm una desviación estándar, cantidad que se traduce en aproximadamente el 68 % de los datos.

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

nuevamente la mayoría de los datos, el intervalo correspondiente para T es $0.069 < T < 0.077$.

- Para calcular la tasa de capitalización mediante la suma de las tasas de amortización acumulada y de interés neta (llamada esta tasa de capitalización TIN), se utilizan las Ecs. (1.6) y (1.7), no sin antes calcular el valor de las construcciones (VNR y VRN), mismos que se calcularon tomando los valores de construcción mencionados en la Tabla (1.4). Los factores de depreciación por estado de conservación y edad para obtener el valor neto de reposición se obtuvieron del criterio de Ross-Heidecke para una vida total de 70 años. Los resultados en este cálculo se presentan en la siguiente tabla.

EDAD	E. CONSERV	Dep	VRN	VRN	TERRENO	VNR								RNETA ANUAL	TIN
						VALOR	Construcción	Barda	Patio	Cisterna	C. Vigilancia	VNR			
Años	Ross-Hei	\$/m ²	\$/m ²	\$/m ²	\$/m ²										
1	15	Bueno	0.8622	3871	\$ 3,096,800.00	1500	\$ 1,200,000.00	\$ 2,670,060.96	\$0.00	\$0.00	\$30,000.00	\$0.00	\$ 2,695,926.96	\$ 240,431.31	0.0712
2	10	Bueno	0.911	3871	\$ 3,251,640.00	3500	\$ 4,620,000.00	\$ 2,962,244.04	\$30,913.46	\$330,240.00	\$20,000.00	\$ 7,882.00	\$ 3,316,655.35	\$ 288,886.29	0.0722
3	15	Regular	0.7251	3462	\$ 3,462,000.00	1500	\$ 1,650,000.00	\$ 2,510,296.20	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 2,524,798.20	\$ 266,318.27	0.0874
4	7	Muy bueno	0.9506	4535	\$ 1,564,575.00	2500	\$ 862,500.00	\$ 1,487,285.00	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 1,506,297.00	\$ 120,359.56	0.0642
5	10	Bueno	0.911	3871	\$ 1,736,375.76	2500	\$ 2,651,600.00	\$ 1,581,838.32	\$34,908.49	\$421,111.04	\$20,000.00	\$0.00	\$ 2,015,492.11	\$ 146,672.50	0.0597
6	15	Regular	0.7251	3462	\$ 2,077,200.00	1500	\$ 900,000.00	\$ 1,506,177.72	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 1,520,679.72	\$ 234,049.20	0.1359
7	20	Bueno	0.8062	3871	\$ 4,064,550.00	1500	\$ 1,696,500.00	\$ 3,276,840.21	\$12,699.00	\$55,728.00	\$60,000.00	\$ 7,882.00	\$ 3,386,732.53	\$ 315,062.61	0.0737
8	20	Bueno	0.8062	3871	\$ 10,512,319.86	1500	\$ 4,200,390.00	\$ 8,475,032.27	\$12,978.13	\$58,204.80	\$20,000.00	\$ 7,882.00	\$ 8,554,898.42	\$ 751,606.20	0.0680
9	10	Optimo	0.9344	4800	\$ 8,526,816.00	2500	\$ 5,451,675.00	\$ 7,967,456.87	\$28,369.52	\$278,124.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 8,298,585.36	\$ 485,980.20	0.0426
10	10	Optimo	0.9344	4800	\$ 7,792,224.00	2500	\$ 5,298,250.00	\$ 7,281,054.11	\$31,416.54	\$341,076.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 7,673,852.08	\$ 430,368.20	0.0403
11	8	Bueno	0.9282	4535	\$ 4,485,115.00	1200	\$ 1,269,600.00	\$ 4,163,083.74	\$11,720.65	\$47,472.00	\$20,000.00	\$ 7,882.00	\$ 4,243,906.43	\$ 313,742.61	0.0581
12	6	Bueno	0.9437	3871	\$ 1,451,625.00	3500	\$ 1,837,500.00	\$ 1,369,898.51	\$17,281.15	\$103,200.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 1,502,470.57	\$ 200,020.31	0.1189
13	1	Optimo	0.9874	4535	\$ 4,807,100.00	1200	\$ 1,780,800.00	\$ 4,746,530.54	\$29,054.27	\$291,712.00	\$20,000.00	\$ 7,882.00	\$ 5,090,785.84	\$ 374,789.81	0.0601
14	25	Regular	0.7023	3462	\$ 4,327,500.00	1500	\$ 2,295,000.00	\$ 3,039,203.25	\$23,610.55	\$192,640.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 3,198,099.01	\$ 368,057.46	0.0940
15	25	Bueno	0.7023	3462	\$ 3,565,860.00	1500	\$ 1,740,000.00	\$ 2,504,303.48	\$16,087.88	\$89,440.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 2,585,438.70	\$ 302,279.38	0.0954
16	5	Optimo	0.9654	3462	\$ 6,248,910.00	3500	\$ 6,825,000.00	\$ 6,032,697.71	\$16,990.69	\$99,760.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 6,164,716.83	\$ 492,516.20	0.0648
17	25	Regular	0.626	3462	\$ 5,978,874.00	2000	\$ 3,942,000.00	\$ 3,742,775.12	\$16,990.69	\$99,760.00	\$20,000.00	\$ 7,882.00	\$ 3,833,315.19	\$ 508,938.20	0.1111
18	20	Bueno	0.7607	3462	\$ 3,853,206.00	2000	\$ 1,170,000.00	\$ 2,931,133.80	\$11,288.00	\$44,032.00	\$30,000.00	\$0.00	\$ 2,996,036.73	\$ 228,642.95	0.0567
19	20	Bueno	0.8062	3871	\$ 11,613,000.00	1500	\$ 5,250,000.00	\$ 9,362,400.60	\$31,550.92	\$344,000.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 9,703,772.22	\$ 791,110.20	0.0622
20	20	Bueno	0.8062	3871	\$ 7,742,000.00	1500	\$ 3,885,000.00	\$ 6,241,600.40	\$34,273.07	\$405,920.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 6,635,086.52	\$ 437,153.40	0.0471
21	20	Bueno	0.8062	3871	\$ 9,069,753.00	1500	\$ 4,365,000.00	\$ 7,312,034.87	\$33,598.40	\$390,096.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 7,692,219.76	\$ 712,404.20	0.0736
22	20	Bueno	0.7607	3871	\$ 4,838,750.00	3500	\$ 4,900,000.00	\$ 3,680,837.13	\$17,281.15	\$103,200.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 3,787,701.14	\$ 434,172.08	0.0952
23	2	Bueno	0.9137	3462	\$ 4,528,296.00	1500	\$ 2,099,790.00	\$ 4,137,504.06	\$13,523.54	\$63,199.68	\$20,000.00	\$0.00	\$ 4,225,880.06	\$ 418,957.01	0.0847
24	2	Bueno	0.9137	3462	\$ 2,264,148.00	1500	\$ 1,049,895.00	\$ 2,068,752.03	\$9,562.58	\$31,599.84	\$20,000.00	\$0.00	\$ 2,124,636.13	\$ 219,868.50	0.0892
25	30	Bueno	0.6773	3871	\$ 4,165,196.00	2500	\$ 2,690,000.00	\$ 2,821,087.25	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 2,834,633.25	\$ 237,950.26	0.0591
26	25	Bueno	0.7443	3871	\$ 2,400,020.00	3500	\$ 2,800,000.00	\$ 1,786,334.89	\$18,930.55	\$123,840.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 1,907,485.01	\$ 195,033.70	0.0814
27	25	Bueno	0.7443	3871	\$ 1,714,853.00	3500	\$ 1,550,500.00	\$ 1,276,365.09	\$0.00	\$0.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 1,283,808.09	\$ 160,078.02	0.1026
28	25	Regular	0.7443	3871	\$ 696,780.00	3500	\$ 630,000.00	\$ 518,613.35	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$ 518,613.35	\$ 43,670.27	0.0620
29	15	Bueno	0.8622	3871	\$ 5,702,106.87	1500	\$ 2,719,500.00	\$ 4,916,356.55	\$26,016.33	\$233,897.98	\$20,000.00	\$0.00	\$ 5,157,698.67	\$ 359,884.37	0.0524
30	15	Bueno	0.8622	3871	\$ 2,895,508.00	1500	\$ 2,652,000.00	\$ 2,496,507.00	\$45,063.73	\$701,760.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 3,157,662.41	\$ 181,672.99	0.0432
31	25	Bueno	0.7023	3871	\$ 1,316,140.00	2500	\$ 850,000.00	\$ 924,325.12	\$0.00	\$0.00	\$ 6,000.00	\$0.00	\$ 928,538.92	\$ 99,903.30	0.0855
32	25	Bueno	0.7023	3871	\$ 1,428,399.00	2500	\$ 922,500.00	\$ 1,003,164.62	\$0.00	\$0.00	\$ 6,000.00	\$0.00	\$ 1,007,378.42	\$ 120,359.56	0.0973
33	30	Bueno	0.6773	3871	\$ 1,176,784.00	2000	\$ 700,000.00	\$ 797,035.80	\$9,569.87	\$31,648.00	\$ 6,000.00	\$0.00	\$ 829,016.46	\$ 108,844.38	0.1073
34	20	Bueno	0.8186	4800	\$ 9,758,400.00	2000	\$ 9,732,000.00	\$ 7,988,226.24	\$75,101.79	\$1,949,104.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 9,684,437.31	\$ 915,606.80	0.0780
35	8	Bueno	0.978	4800	\$ 11,616,000.00	2500	\$ 16,690,000.00	\$ 11,360,448.00	\$92,050.85	\$2,928,128.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$14,361,011.52	\$ 1,024,342.00	0.0586
36	2	Bueno	0.978	3871	\$ 3,445,190.00	2000	\$ 1,780,000.00	\$ 3,369,395.82	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 3,388,955.82	\$ 280,299.15	0.0681
37	8	Bueno	0.978	4535	\$ 5,659,680.00	2500	\$ 5,162,500.00	\$ 5,535,167.04	\$40,330.91	\$562,096.00	\$40,000.00	\$0.00	\$ 6,163,460.56	\$ 356,518.19	0.0434
38	20	Muy bueno	0.8269	4800	\$ 10,368,000.00	2500	\$ 6,600,000.00	\$ 8,573,299.20	\$30,913.46	\$330,240.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 8,911,530.62	\$ 698,998.20	0.0592
39	10	Regular	0.8597	3462	\$ 1,731,000.00	1500	\$ 750,000.00	\$ 1,488,140.70	\$0.00	\$0.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 1,496,737.70	\$ 165,332.11	0.0939
40	10	Regular	0.8597	3462	\$ 1,038,600.00	1500	\$ 450,000.00	\$ 892,884.42	\$0.00	\$0.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 901,481.42	\$ 101,678.98	0.0963
41	8	Bueno	0.9425	3871	\$ 6,770,379.00	1500	\$ 8,118,000.00	\$ 6,381,082.21	\$85,397.56	\$2,520,144.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 8,855,655.13	\$ 1,000,674.00	0.1014
42	5	Optimo	0.9751	5000	\$ 10,000,000.00	2000	\$ 4,860,000.00	\$ 9,751,000.00	\$29,259.12	\$295,840.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$10,114,693.89	\$ 517,756.20	0.0364
43	6	Bueno	0.9751	4800	\$ 4,800,000.00	2000	\$ 2,200,000.00	\$ 4,680,480.00	\$14,110.00	\$68,800.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 4,780,827.54	\$ 320,664.08	0.0518
44	25	Bueno	0.7443	4800	\$ 9,768,480.00	2500	\$ 8,612,750.00	\$ 7,270,679.66	\$52,983.00	\$970,080.00	\$40,000.00	\$ 7,882.00	\$ 8,067,784.03	\$ 661,296.20	0.0619
45	10	Bueno	0.911	3871	\$ 2,163,734.16	4500	\$ 3,117,948.75	\$ 1,971,161.82	\$16,328.48	\$92,135.24	\$20,000.00	\$0.00	\$ 2,088,192.27	\$ 278,226.11	0.1175
46	25	Bueno	0.7023	3871	\$ 1,470,980.00	2000	\$ 760,000.00	\$ 1,033,069.25	\$0.00	\$0.00	\$ 6,000.00	\$0.00	\$ 1,037,283.05	\$ 136,447.57	0.1094
47	20	Bueno	0.7607	3871	\$ 2,299,374.00	3500	\$ 2,079,000.00	\$ 1,749,133.80	\$0.00	\$0.00	\$20,000.00	\$0.00	\$ 1,764,347.80	\$ 252,763.83	0.1234
48	8	Bueno	0.9282	3871	\$ 720,006.00	4500	\$ 837,000.00	\$ 668,309.57	\$0.00	\$0.00	\$10,000.00	\$0.00	\$ 677,591.57	\$ 128,715.56	0.1741

Tabla 3.17. Se presentan los valores de VNR y VRN empleados para el cálculo de la TIN promedio.

La media de TIN mediante la suma de las tasas de Amortización Acumulada y de Interés Neta que se obtiene es $TIN=0.07897$, con una desviación estándar de

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

0.02814, por lo tanto el intervalo asociado que contiene a la mayoría de los datos es $0.05083 < TIN < 0.10711$.

El comparativo de los datos de T y TIN con las sugerencias del ingeniero Marqués y del diario oficial del 12 de enero de 2009 (Tablas 1.7 y 1.8), se expresa en la siguiente tabla.

AUTOR	COMPARATIVO DE TASAS				
	ÓPTIMO	BUENA	MEDIA	DEFICIENTE	MALA
MARQUÉS	10%	11%	12%	13%	14%
DIARIO OFICIAL	9%		12%		15%
TESIS (T)		6.9%	7.3%	7.7%	
TESIS (TIN)		5.1%	7.9%	10.7%	
PROPUESTA	5.10%	6.9%	7.60%	7.7%	10.71%

Tabla 3.18. Comparativo de T y TIN para realizar la propuesta y contribución de T de este trabajo (último renglón de la tabla, mostrado en amarillo).

	M. Físico	M. Ingresos		M. Físico	M. Ingresos
	V.N.R	T 7.6%		V.N.R	T 7.6%
1	\$ 2,695,926.96	\$ 3,157,894.74	25	\$ 2,834,633.25	\$ 3,126,315.79
2	\$ 3,316,655.35	\$ 3,805,263.16	26	\$ 1,907,485.01	\$ 2,573,684.21
3	\$ 2,524,798.20	\$ 3,505,263.16	27	\$ 1,283,808.09	\$ 2,100,000.00
4	\$ 1,506,297.00	\$ 1,578,947.37	28	\$ 518,613.35	\$ 568,421.05
5	\$ 2,015,492.11	\$ 1,926,315.79	29	\$ 5,157,698.67	\$ 4,736,842.11
6	\$ 1,520,679.72	\$ 3,078,947.37	30	\$ 3,157,662.41	\$ 2,384,210.53
7	\$ 3,386,732.53	\$ 4,152,631.58	31	\$ 928,538.92	\$ 1,310,526.32
8	\$ 8,554,898.42	\$ 9,884,210.53	32	\$ 1,007,378.42	\$ 1,578,947.37
9	\$ 8,298,585.36	\$ 6,394,736.84	33	\$ 829,016.46	\$ 1,436,842.11
10	\$ 7,673,852.08	\$ 5,668,421.05	34	\$ 9,684,437.31	\$12,047,368.42
11	\$ 4,243,906.43	\$ 4,121,052.63	35	\$ 14,361,011.52	\$13,484,210.53
12	\$ 1,502,470.57	\$ 2,636,842.11	36	\$ 3,388,955.82	\$ 3,694,736.84
13	\$ 5,090,785.84	\$ 4,926,315.79	37	\$ 6,163,460.56	\$ 4,689,473.68
14	\$ 3,198,099.01	\$ 4,847,368.42	38	\$ 8,911,530.62	\$ 9,189,473.68
15	\$ 2,585,438.70	\$ 3,978,947.37	39	\$ 1,496,737.70	\$ 2,178,947.37
16	\$ 6,164,716.83	\$ 6,473,684.21	40	\$ 901,481.42	\$ 1,342,105.26
17	\$ 3,833,315.19	\$ 6,694,736.84	41	\$ 8,855,655.13	\$13,168,421.05
18	\$ 2,996,036.73	\$ 3,015,789.47	42	\$ 10,114,693.89	\$ 6,805,263.16
19	\$ 9,703,772.22	\$ 10,405,263.16	43	\$ 4,780,827.54	\$ 4,215,789.47
20	\$ 6,635,086.52	\$ 5,747,368.42	44	\$ 8,067,784.03	\$ 8,700,000.00
21	\$ 7,692,219.76	\$ 9,378,947.37	45	\$ 2,088,192.27	\$ 3,663,157.89
22	\$ 3,787,701.14	\$ 5,715,789.47	46	\$ 1,037,283.05	\$ 1,800,000.00
23	\$ 4,225,880.06	\$ 5,510,526.32	47	\$ 1,764,347.80	\$ 3,331,578.95
24	\$ 2,124,636.13	\$ 2,889,473.68	48	\$ 677,591.57	\$ 1,689,473.68

Tabla 3.19. Cálculo del valor del EI por el Método Físico y por el de Ingresos (empleando una tasa de capitalización promedio entre la T en base al mercado y la TIN).

Capítulo 3: Aplicación del MRLM y Obtención de Resultados

Finalmente, con toda la información que se ha obtenido, se presenta, en la Tabla 3.19, la comparativa del valor de cada *EI* de la base de datos por el método físico y con el método de ingresos (calculado con el promedio la *T* y con la *TIN*).

De acuerdo con los resultados mostrados en la tabla anterior, es importante recalcar que para este tipo de inmuebles, el método recomendado es el de ingresos, ya que como se puede apreciar, en general, el valor es considerablemente mayor.

Finalmente, dividiendo los valores de cada una de las columnas de la tabla anterior entre la superficie de construcción, se obtienen los valores promedio por metro cuadrado del valor de un *EI*:

- Por el Método Físico, el valor promedio es de \$ 3,359.00/m² y una desviación estándar de \$ 696.00/m².
- Por el Método de Ingresos, el valor medio es de \$ 4377.00 con una desviación estándar de \$ 1212.00/m² (empleando un promedio de tasa de capitalización del 7.6 %, que corresponde al promedio de la *T* y la *TIN*).

Conclusiones

El presente trabajo cumple tanto su objetivo general como los particulares propuestos, pues, por un lado, se logran determinar las variables más influyentes en la valuación de un *EI* para la renta del mismo, y por otro lado, se construye una base de datos a la cual se le aplica la Regresión Lineal Múltiple para lograr el objetivo general de la tesis, cuyos resultados se combinan con el método de valuación de capitalización de rentas para determinar una expresión matemática que permita determinar la renta neta de un *EI* en la ciudad de Puebla. Por lo que se concluye lo siguiente:

- En el primer capítulo se describen los conceptos fundamentales de valuación (sus enfoques y principios) y de Edificio Industrial (*EI*); estos conceptos fueron necesarios para contextualizar el ejercicio valuatorio y que permitan comprender la naturaleza de la valuación de *EI*'s, que a su vez sirvan como punto de referencia para desarrollar investigaciones y trabajos en esta área. Adicionalmente, en el segundo capítulo de la tesis se expusieron los métodos estadísticos a emplear en el desarrollo de la misma.
- Empleando métodos y consideraciones estadísticas, se generaron dos encuestas, una desde el punto de vista del arrendador y otra desde el del arrendatario, que proporcionaran información para construir una base de

Conclusiones

datos. Ésta se logró construir para el caso de muestra grande (con más de 30 datos).

- Aplicando a la base de datos construida el Método de Regresión Lineal Múltiple, se determinan las variables más importantes que influyen en el valor de un *EI*, y por ende, en su precio de renta. Asimismo se determinan dos expresiones matemáticas que proporciona el valor de la renta bruta de un *EI* que contempla las variables obtenidas, para cada punto de vista. Tales ecuaciones de regresión son las contenidas en las Tablas (3.11) y (3.13).

Específicamente las ecuaciones mencionadas son:

- Para el arrendatario: $R = - 1207 + 19.7 Cs + 17.1 Cpm + 1749 CAm_1 - 128 LZ + 1705 Ldr + 2.64 LMc + 0.201 Eck - 78.2 EcO.$
- Para el arrendador: $R = 1861 - 482 Ed + 33.8 Mt + 2515 Dp.$

Con esto se resalta la importancia de la Estadística como herramienta fundamental para el valuador.

- Se combinaron el método estadístico, de Regresión Lineal Múltiple, y valuatorio, de Capitalización de Rentas, para realizar los cálculos y una propuesta de la renta neta de un *EI*, es decir, con los modelos obtenidos y mencionados en el punto anterior, se obtiene la renta bruta, misma que al restar las deducciones pertinentes, se convierte en renta neta. Para la base de datos construida se tiene que $0.1800 < Ded < 0.2629$ y el porcentaje de deducciones promedio es del 22 %. La Tasa de Capitalización con base en el mercado resultó ser de $T=0.073$. Sustituyendo el valor promedio del índice de deducciones y considerando nuevamente la mayoría de los datos, el intervalo correspondiente para T es $0.069 < T < 0.077$. La Tasa de

Conclusiones

Capitalización mediante la suma de las tasas de Amortización Acumulada y de Interés Neta es $TIN=0.07897$, con una desviación estándar de 0.02814, por lo tanto el intervalo asociado que contiene a la mayoría de los datos es $0.05083 < TIN < 0.10711$.

➤ Finalmente se realiza una propuesta (que es otra contribución de este trabajo) del comparativo que emplea la T y la TIN , presentada en la Tabla 3.18 para los cinco niveles presentados en la misma, en la que se emplean los valores máximos, mínimos y promedios de las tasas mencionadas, las cuales tienen justificación estadística. Asimismo, se obtiene, como resultado importante, el valor, por metro cuadrado, de un EI , que se presenta a continuación:

- Empleando el Método Físico, el valor promedio de un EI es de \$ 3359.00/m², con una desviación estándar de \$ 696.00/m².
- Por el Método de Ingresos, y utilizando una tasa media de capitalización del 7.6 % (que es la tasa de capitalización promedio entre la T y la TIN obtenidas) el valor promedio, por metro cuadrado, de un EI es de \$ 4337.00/m², con una desviación estándar de \$ 1212.00/m².

Es de fundamental importancia mencionar que los modelos obtenidos son aplicables para la Ciudad de Puebla y zonas colindantes; para el cálculo en otras ciudades, es muy probable que el modelo no se ajuste, pues los precios varían y las necesidades también. Sin embargo se pueden realizar las encuestas pertinentes y

Conclusiones

aplicar los mismos métodos, para determinar los adecuados a la zona en que se deseen aplicar.

De esta investigación surgen consideraciones para realizar trabajos o investigaciones futuras como pueden ser, entre otros:

- Realizar estudios similares empleando otros análisis estadísticos, por ejemplo el llamado Análisis factorial por zonas (que emplea muestreo aleatorio estratificado), o el que emplea estadística no paramétrica, y comparar los resultados, para determinar cuál de ellos es más eficiente.

Finalmente, dos breves reflexiones:

1. Se espera que este trabajo contribuya al valuator que quiera o requiera realizar un dictamen de un *EI*.
2. Adicionalmente esta investigación amplíe la bibliografía en el tema, la cual hasta el momento es muy escasa.

Bibliografía

[1] A. Antuñano Iturbide, El Avalúo de los Bienes Raíces, 1a. Edición, México, D.F. Limusa Noriega Editores, S.A. de C.V., 2005.

[2] M. R. Marqués Tapia, Criterios Metodológicos para la valuación de terrenos urbanos, 1ª. Edición, México, D.F.: Valuación Organizada., S.A de C.V.

[3] Secretaría de Economía. Norma Mexicana NMX-R-046-SCFI-2011, Parques Industriales-Especificaciones. (Cancela a la NMX-R-046-SCFI-2005.)

[4] Instituto de Catastro del Estado de Puebla. Instructivo para la Valuación Catastral de Predios Catastrales.

[5] Secretaría de la Función Pública. Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales. Procedimiento Técnico PT-TC para la elaboración de tasas de capitalización para la valuación de bienes inmuebles. Diario Oficial. Lunes 12 de Enero de 2009.

[6] Cámara de Diputados del H. Congreso d la Unión. Secretaría General. Secretaría de Servicios Parlamentarios. Ley de bienes nacionales. Última reforma DOF 07-062013.

[7] Administración Pública del Distrito Federal. Secretaría de Finanzas. Manual de Procedimientos Técnicos y de Valuación Inmobiliaria. Gaceta Oficial del Distrito Federal No. 1749, 6 de diciembre de 2013.

[8] Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dirección de Autotransporte Federal. Norma Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008. Sobre el peso y

dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción Federal.

[9] H. K Dobner E. La Valuación de predios urbanos. Editorial Concepto, S. A. 1ª Edición. 1983.

[10] J. F. Hair, R. P. Bush, D. J. Ortinau. Investigación de Mercados en un Ambiente de Información Digital. Mc Graw Hill. 4ª Edición, México, D.F., 2010.

[11] L. Fischer, J. Espejo, Introducción a la investigación de mercados. Mc. Graw Hill., México, D.F., 2ª Edición, 1990.

[12] Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. Ley de Ingresos del Municipio de San Andrés Cholula para el Ejercicio Fiscal 2015, Periódico Oficial, miércoles 24 de diciembre de 2014.

[13] Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. Ley de Ingresos del Municipio de Cuautlancingo para el Ejercicio Fiscal 2015. Periódico Oficial, viernes 19 de diciembre de 2014.

[14] Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. Ley de Ingresos del Municipio de San Pedro Cholula para el Ejercicio Fiscal 2015. Periódico Oficial, Miércoles 17 de Diciembre de 2014.

[15] Gobierno Constitucional del Estado de Puebla. Decreto del Honorable Congreso del Estado por el cual se expide la Zonificación Catastral y Valores Unitarios de Suelos Urbanos y Rústicos; así como los Valores Catastrales de Construcción por metro cuadrado para el Municipio de Puebla. Periódico Oficial, Miércoles 17 de Diciembre de 2014.

[16] Gobierno Constitucional del Estado de Puebla 2005-2011. Instituto de Catastro del Estado de Puebla. Manual de Valuación Comercial para el Estado de Puebla.

Bibliografía

[17] Anderson D. R., Sweeney D. J., Williams T. A. Estadística para Negocios y Economía. Cengage Learning. 11^a. Edición. México. 2012.

[18] Levine D. M., Ramsey P. P. and Smidt R. K. Applied Statistics for Enginners and Scientists using Microsoft Excel and Minitab. Prentice Hall. 2001. New Jersey.

[19] Rosales L. M. Fundamentos de Estadística, Análisis Exploratorio de Datos. ITAM. México. 2013.

[20] Meet Minitab, Release 14 for Windows. 4th Editioin. Minitab Inc. 2003.

[21] Secretaría de la Función Pública. Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales. 77 Procedimiento Técnico PT-PIV.