



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**TASACIÓN DE ACTIVOS INMUEBLES COMO SUBYACENTES
DE CONTRATOS DERIVADOS CON REDES NEURONALES**

T E S I S

**QUE PRESENTA:
ÁNGEL MEJÍA MONROY**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
ACTUARIO**

**DRA. NORA GAVIRA DURÓN
DR. OCTAVIO GUTIÉRREZ VARGAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2022





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TASACIÓN DE ACTIVOS INMUEBLES COMO SUBYACENTES DE CONTRATOS DERIVADOS CON REDES NEURONALES

Ángel Mejía Monroy (1), Dra. Nora Gavira Durón (2), Dr. Octavio Gutiérrez Vargas (3).

(1) UNAM. Facultad de Ciencias, amejiam@ciencias.unam.mx (2) UNAM. Facultad de Ciencias, nora.gavira@ciencias.unam.mx (3) IPN. Escuela Superior de Economía, octavio.mat@gmail.com

Resumen:

Se tomó como caso de estudio la valuación tradicional de inmuebles en México para proponer las directrices de diseño y pasos a considerar en un método de tasación que funciona con Redes Neuronales Artificiales. Paralelamente se exponen sus usos y beneficios en la tasación en horizontes de tiempo tomando como aplicación práctica el uso en contratos derivados cuyo subyacente sea un inmueble proponiendo la obtención del valor futuro a través de la red y descartando el uso de tasas de capitalización tradicionales por la complejidad del sistema que interactúa en los precios de este tipo de activos no homogéneos. Como resultado se presenta un diagrama a forma de resumen de todo el trabajo que ordena los pasos que se deben seguir para el diseño del modelo propuesto.

Al gran amor de mi vida, les dedico...

AGRADECIMIENTOS

Principalmente, a la Dra. Nora Gavira Durón por todo el conocimiento y tiempo invertido en mi formación.

A mi hermana Vianney por fortalecerme para continuar este trabajo cuando más lo necesitaba.

A la Universidad que me formó como profesional y como persona.

A mis padres, Ángel y Vianney quienes sin saber el regalo de educación que me estaban dando, dieron todos sus esfuerzos y sacrificios confiando en que era lo mejor para mí.

A mi Dios por todo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	PÁGINA
1 Introducción	2
2 Justificación	5
3 Objetivos	12
4 Marco Teórico	13
4.1 Tasación de activos inmuebles.	13
4.1.1 Plusvalía e inflación	15
4.2 Contratos derivados	18
4.2.1 Tipos de derivados a analizar	19
4.2.1.1 Opción	19
4.2.1.2 Forward y futuro	20
4.2.2 El concepto de justicia en los contratos derivados	20
4.2.3 Opciones inmobiliarias	20
4.3 Redes neuronales	20
4.3.1 Backpropagation	23
4.4 Inmuebles como subyacentes de contratos derivados	25
4.5 Tasación de inmuebles con redes neuronales	26
5 Metodología	27
5.1 Conjunto de datos	27
5.2 De la predicción	36
5.3 Del derivado	40
6 Resultados y discusión	41
7 Conclusiones y recomendaciones	43
8 Bibliografía	45

GLOSARIO

CDMX. Ciudad de México, antes el Distrito Federal (D. F.), es la capital de los Estados Unidos Mexicanos. Es la entidad federativa más poblada del país.

EUROSTAT. La Oficina Europea de Estadística, más conocida como Eurostat, es la oficina estadística de la Comisión Europea, que produce datos sobre la Unión Europea y promueve la armonización de los métodos estadísticos de los Estados que la componen.

INEGI. El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI); es uno de los órganos constitucionales autónomos de México con gestión, personalidad jurídica y patrimonio propios, responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geografía.

JavaScript. Lenguaje de programación basado en Java para procesarse en navegadores de lado del cliente.

SWAP. El swap o permuta financiera es un derivado financiero que consiste en el intercambio de flujos monetarios entre dos partes, sujeto a la evolución de los tipos de interés, divisas, materias primas y otros activos financieros.

UMA. La Unidad de Medida y Actualización (UMA o plural UMAs) es la referencia económica en pesos para determinar la cuantía del pago de las obligaciones y supuestos previstos en las leyes federales, de las entidades federativas, así como en las disposiciones jurídicas que emanen de todas las anteriores.

INTRODUCCIÓN

El mercado inmobiliario en México; así como el de construcción se expanden a medida que se expande la población, de manera que cada vez existen más casas habitadas por menos usuarios, INEGI (2021), dando una tasa de incremento de vivienda mayor a la tasa misma de la población. A su vez la riqueza de la población está fuertemente determinada por el valor de las propiedades de las familias, Sheppard (1999) y el costo de la vida depende del mismo valor, EUROSTAT (2013) aunque que existe un objetivo personal en las familias, por tener una casa e incrementar un patrimonio seguro para sus generaciones, las encuestas recientes del Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT) revelan que la población no está y no espera estar preparada para comprar una vivienda en un horizonte corto de tiempo si las condiciones de adquisición (precio, financiamiento) continúan en el estado actual.

Sin duda una las condiciones que el mercado toma como principal para la decisión de comprar una casa es el precio pero en realidad no existe un índice general de costo de vivienda según sus características, como en el caso del oro o del petróleo que existe un precio público, el hecho de que no exista un método o precio único para determinar el costo de la vivienda no implica que no se les pueda dar un precio justo, sin entrar en debate de lo que implica la justicia en la valuación inmobiliaria, los valuadores llaman *valor concluido* a este precio, que se considera justo para una transacción de compraventa en las condiciones del mercado en el que se valúa. Existen diferentes estudios que presentan la estimación del precio de vivienda a través de análisis de precios hedónicos, es decir que se relacionan a la comodidad y amenidades que una vivienda ofrece, Pulido (2017) y Sheppard (1999). Actualmente existen métodos reglamentarios que usan las instituciones financieras y recaudadoras como los bancos, Comisión Nacional Bancaria y de Valores (2022) para mantener una estandarización en los procedimientos sin embargo no existe una fórmula específica o formato específico que arroje el mismo valor todas las veces que se realice. Podemos decir incluso que el conocido como *valor concluido* es una variable aleatoria para el mismo inmueble, para el mismo tiempo. La Comisión clasifica los tipos de avalúo por el enfoque de su apreciación, esto es que da por un hecho que no existe un resultado conclusivo en el precio de un inmueble y que éste más bien depende del enfoque y finalidad para el que se quiera valorar, o sea se admite la idea de que existen diferentes valores concluidos según el punto de vista o método de valuación.

Por su parte, la Secretaría de Finanzas de la CDMX cuenta con un manual más específico para la valuación inmobiliaria, Finanzas CDMX (2013), en el que se detallan las consideraciones que deberá tener el valuador para *estimar valor* del bien para efectos fiscales; además, el manual detalla las características del valuador, enfatizando más su experiencia y grado de especialidad que el procedimiento o funciones del bien. Rápidamente podemos darnos cuenta que si tenemos un lingote de oro es rápido voltear a algún emisor de precios y darle el valor correcto a nuestro activo pero, si tenemos un anillo de diseñador muy probablemente el precio se define por valores que solo la persona correcta podría estimar, el comprador es clave en este ejemplo ya que una empresa de micro electrónicos no compraría esta pieza en el valor estimado para fundirla y hacer micro componentes, quizá tendría preferencia por el lingote o por algún derivado con menor valor que le ofrezca el la misma función por un costo menor, por su parte no nos hace sentido que un enamorado compre un lingote o pepitas de oro del mismo gramaje del anillo para pedir la mano de su amada, quizá ni siquiera compre el anillo por bello y encantador que este sea si no es de la talla de su pretendida. Así, el valor concluido o precio estimado dependerá en realidad si el valuador conoce lo suficiente la trayectoria del diseñador es decir si estamos ante el valuador correcto, si el comprador es la persona correcta y si la pieza ofrece alguna comodidad que otra pieza no.

Si bien el hecho de estimar el precio de un activo inmueble ya parece un reto determinado por factores incluso externos al bien en sí mismo, podemos agregar a este reto el hecho de que como todos los activos el bien inmueble se verá afectado por el paso del tiempo, es difícil decir que si incrementará o disminuirá su precio, aunque existe un espejismo popular en el que creemos que debería incrementar no siempre ocurre esto.

En finanzas es muy común pensar en la evolución del valor que representa un activo o pasivo a través del tiempo, nos preguntamos si conviene esperar que algo baje de precio para comprarlo o si es preferible comprarlo ahora aunque paguemos un costo extra que bien podría ser un financiamiento, algún costo de almacenaje o simplemente el riesgo de que no suba como se esperaba. Ante la incertidumbre de los precios futuros, las personas, empresas y los intermediarios financieros realizan contratos reglamentados o acuerdos particulares en los que establecen precios futuros o compraventas condicionadas a algún indicador del mercado. Si alguien necesitará acero en el futuro, nos hace sentido que busque la forma de respaldarse y en el futuro poder acceder al acero a un valor conocido

para poder hacer su planeación lo antes posible. Los instrumentos derivados nos proporcionan una cobertura ante la fluctuación de precios en los objetos que pensamos adquirir o vender en el futuro, en especial cuando tenemos la seguridad que llegado un tiempo o evento nos veremos obligados a adquirir o vender algún activo.

Todo el tiempo, los intermediarios financieros así como los compradores y vendedores del mercado están generando modelos matemáticos y empíricos que les ayudan a vislumbrar el futuro de sus activos o los que pretenden comprar. La literatura al respecto de predicciones financieras es muy amplia y muchos de los modelos son fáciles de extender a otros activos homogéneos pero hay activos que no se comportan ni como ellos mismos en otras etapas del pasado, que no siguen una linealidad o un aparente comportamiento estimable. Las Redes Neuronales Artificiales (RNA) son conjuntos de cálculos computables que se interconectan masivamente y se adaptan a los resultados de un modelo, Kohonen (1989), se adaptan muy bien a relaciones no lineales de las que pueden emular, rápidamente y con precisión, sus reglas de correspondencia o relación entre ellas. Hay muchos tipos de redes neuronales cada una con aplicaciones en las que son más eficientes, por mencionar algunas hay redes con fines militares, de simulación biológica, estimación de series de precios y otros fines financieros, Hillera y Martínez (1995). En finanzas se ha popularizado su uso por su característica no lineal y fácil adaptable a procesos estocásticos en los que con una gran cantidad de datos y el modelo de RNA correcto pueden encontrarse relaciones y hacer predicciones al respecto.

Los modelos de redes neuronales se inspiran en el funcionamiento de la red de cálculo más compleja que conoce el hombre, el cerebro, Basogain (2022). Las RNA siguen los principios de las redes biológicas incluyendo en su modelado elementos con funciones similares a las que tienen las neuronas biológicas, de esta manera una red artificial es un conjunto de objetos menores llamados neuronas o perceptrones que se entrenan de igual manera que lo hace una red biológica, esto es a través del aprendizaje iterado.

JUSTIFICACIÓN

Más del 50% de las viviendas en México tienen menos de 20 años de antigüedad y al menos el 70% tiene menos de 30, INEGI (2020) y se siguen construyendo más viviendas a una velocidad mayor que el crecimiento demográfico por lo que es inminente la saturación y comercialización de vivienda ya que la vida probable de las construcciones ronda los 65 años, Finanzas CDMX (2013) en algún momento la mayoría de los actuales propietarios (empresas, inmobiliarias, usuarios) tendrán que optar por vender sus propiedades sin saber exactamente el precio justo o el valor a liquidación anticipada que tendrá su activo.

Existe una especulación que invita a todos los compradores e inversionistas a pensar que los inmuebles son un instrumento seguro para invertir y que su precio siempre irá en crecimiento, solemos escuchar muchas recomendaciones como "compra una casa, nunca perderá valor" o "los inmuebles son los únicos activos que no se devalúan" pero en realidad podríamos estar ante una burbuja especulativa que promueve el consumismo seguido del incremento en los precios y la ilusión de que invertir en una propiedad me traerá rendimientos por el solo hecho de tenerla.

En el sentido formal no existe mucha documentación sobre la correcta valuación de la plusvalía o el incremento cuantitativo del valor de una propiedad, no es tan sencillo como definir una tasa para un instrumento de 20 o 30 años y aplicar iteradamente cada año para conseguir su valor en ese punto. De hecho la mayoría de los propietarios tiene la idea de que las propiedades incrementarán su valor en un horizonte corto de un año.

Desde luego que las encuestas no definirán del todo el futuro, no podemos hacer cálculos por mayoría de votos, pero sí para mostrar las intenciones o expectativas del mercado, el Infonavit incluyó por primera vez el Índice de Intenciones de Adquisición de vivienda (IIAV) en la ENCUESTA DE NECESIDADES DE CRÉDITO Y VIVIENDA DEL INFONAVIT en el primer trimestre del 2021, este índice sigue la metodología de Fannie Mae, la institución hipotecaria más grande de Estados Unidos y se centra en 50 puntos de su propia escala con un valor mínimo de -50 y un valor máximo de 150 con el objetivo de evaluar 6 preguntas, como se muestra en la Tabla 1:

Tabla 1: Resultados de la encuesta de Necesidades de Crédito y Vivienda del
INFONAVIT

<i>Indicador</i>	<i>Concepto</i>	<i>Primer trimestre 2021</i>	<i>Diferencia en puntos porcentuales respecto al levantamiento previo</i>
	Índice sobre Intención de Adquisición de Vivienda en México	34,2	-4,1
P1	¿Piensa usted que es un muy buen momento, buen momento, mal momento o muy mal momento para comprar una casa, departamento u otro tipo de vivienda?	26	-17,9
P2	¿Piensa que sería un muy buen momento, buen momento, mal momento o muy mal momento para vender vivienda?	-28,8	-2,4
P3	¿Cómo cree que cambien los precios de las viviendas durante los próximos 12 meses: aumentarán o disminuirán?	112	3,1
P4	¿Cómo cree que cambien las tasas de interés de los créditos hipotecarios durante los próximos 12 meses: aumentarán o disminuirán?	-12,2	-31,9
P5	¿Qué tan preocupado está usted de perder su actual empleo en los próximos 12 meses?	68	25,6
P6	¿Cómo es su ingreso mensual actual, comparado con el ingreso que percibía hace 12 meses: ¿hoy es mayor, está en el mismo nivel o ahora es menor que hace doce meses?	39,9	-1,5

Fuente: Elaboración propia con datos de INFONAVIT. Encuesta de necesidades de crédito y vivienda del INFONAVIT.

Interpretación:

Basado en el cuestionario y el método que se describe en el párrafo previo a la tabla de resultados podemos decir que:

P1: La percepción de los encuestados es que es peor momento que el año pasado para adquirir una vivienda.

P2: A pesar que ya era negativo el levantamiento previo, la percepción de los encuestados es que es aún peor momento para vender vivienda.

de P1 y P2: Respecto al mismo periodo de 2020: Muchos (-17,9 puntos) han decidido que es peor momento para comprar respecto a los poquitos (-2,4 puntos) que han cambiado de percepción de que es mal momento para vender.

P3: Las personas en el levantamiento previo ya tenían altas expectativas de que los precios incrementarán en 12 meses y ahora tienen ligeramente más expectativas de que así será en otros 12 meses.

P4: Los encuestados tienen una percepción negativa de las tasas largo plazo en un horizonte de 12 meses, empeorando mucho desde el levantamiento previo en el que podríamos decir que estaban cerca del valor central (ni esperaban que subiera ni que bajara)

P5: La percepción de la estabilidad laboral mejoró mucho en este levantamiento respecto al anterior, los encuestados prevén mejor estabilidad en sus empleos.

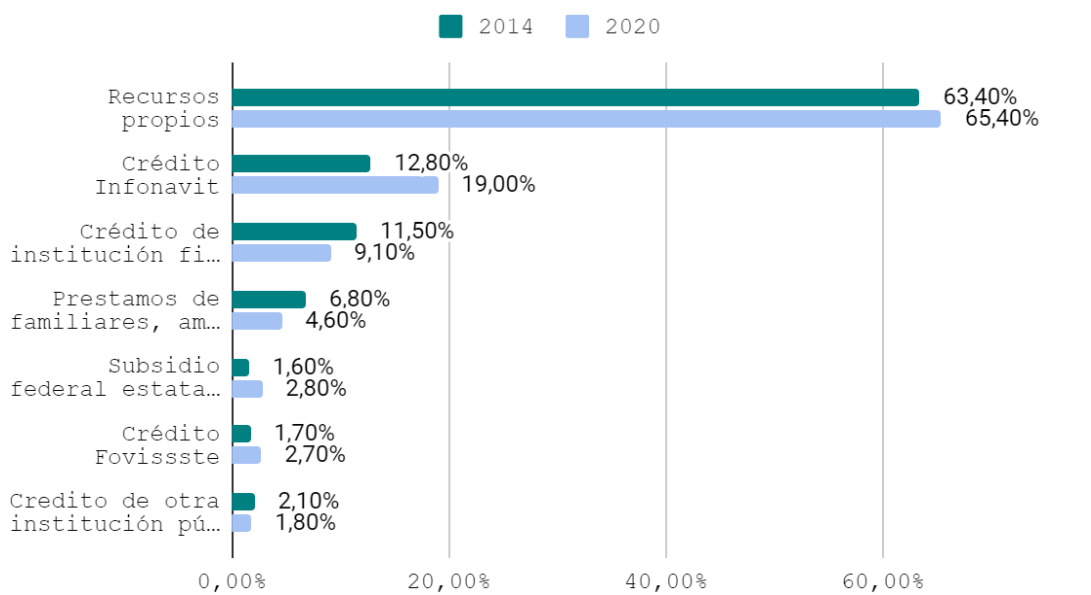
P6: El indicador está por debajo del 50 por lo que en general es una percepción negativa es decir los encuestados piensan que reciben menos ingresos que el periodo anterior.

En general el índice se sitúa en 34,2 puntos que está un poco por debajo del 50 que es centro de nuestra encuesta y está en decremento por lo que los encuestados no tienen buenas intenciones de adquirir vivienda en las condiciones actuales y están empeorando lentamente (-4,1 puntos respecto al levantamiento anterior).

El crédito tradicional hipotecario se ha popularizado en las últimas décadas siendo el método de financiamiento externo casi único, es decir que descartando la adquisición a través de recursos propios los financiamientos hipotecarios tradicionales participan del 70% de adquisición a través de financiamientos externos, como se muestra en el Gráfico 1:

Gráfico 1: Distribución del método de financiamiento para vivienda en México comparativa 2014 y 2020

Distribución porcentual de viviendas particulares habitadas propias por año, según fuente de financiamiento



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Encuesta Nacional de Vivienda 2020 y Encuesta Nacional de Vivienda 2014.

NOTA: La suma puede ser mayor a 100% ya que es una gráfica sin ajustes y algunos encuestados tienen más de una opción de financiamiento.

1. En "Crédito de instituciones financieras privadas" agrupamos bancos, sofol, cajas de ahorro y créditos de instituciones no lucrativas

En la tabla 2 podemos observar el incremento porcentual en la participación relativa en el financiamiento de vivienda en México. Esto es quitando la adquisición con recursos propios la parte de la que participa el crédito hipotecario tradicional.

Tabla 2: Participación relativa del crédito hipotecario tradicional en México comparativa 2014 y 2020

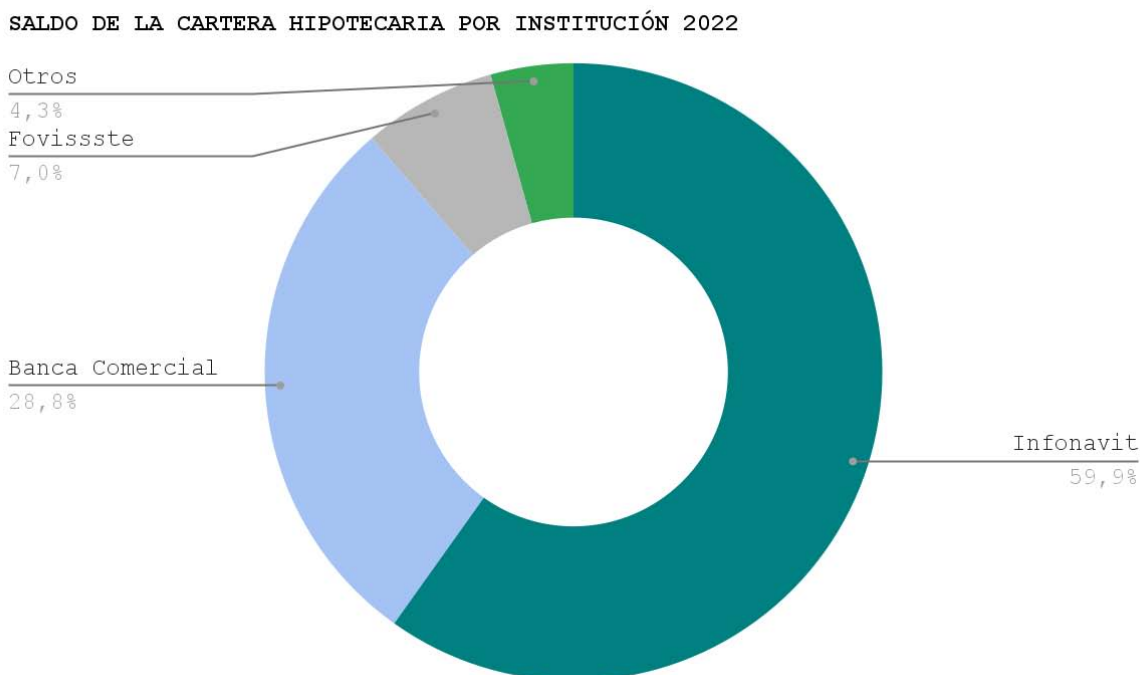
	2014	2020
A. Hipotecario tradicional (Suma Infonavit, Bancario, Fovissste)	24,30%	28,10%
B. Otros medios externos	12,20%	11,90%
C = A + B. Total relativo (nuevo 100% de financiamiento externo)	36,50%	40,00%
A / C. Participación de hipotecas sobre métodos externos:	67%	70%

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Encuesta Nacional de Vivienda 2020 y Encuesta Nacional de Vivienda 2014.

NOTA: La suma C no es 100% ya que es una comparación relativa descontando los métodos de financiamiento no externos.

Si ahora volvemos nuestra atención a la participación sobre la cartera hipotecaria del 2022 podemos ver en el gráfico 2 que, más del 50% de los créditos son colocados por el Infonavit. El Instituto que acumula la mayor parte del mercado de financiamiento externo cuenta con 9 tipos de crédito todos enfocados a la erogación en dinero de los importes financiados, es decir existen entes productoras de los bienes inmuebles a los cuales El Instituto liquida de forma anticipada las obligaciones contraídas por los compradores quedando estos últimos en deuda con el Infonavit y sin ninguna relación de crédito con los desarrolladores de vivienda. Si bien el Infonavit no es la única institución que participa en el financiamiento de vivienda, el resto de instituciones funcionan en la mayoría de su cartera de una forma similar, no como tal en la construcción y administración de los inmuebles sino en la captación de estos como garantías de créditos en dinero.

Gráfico 2. Saldo de la cartera hipotecario por institución 2022



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Nacional de Información e Indicadores de Vivienda. SNIV mayo de 2022.

Así como se hace con materias primas y bienes subyacentes se pueden generar nuevas propuestas de cobertura y financiamiento de vivienda que faciliten el acceso a personas con menos percepción económica o de menor nivel de ahorro y que reduzcan el riesgo. Esto resulta sin duda una tarea complicada en su cálculo y modelado para las instituciones hipotecarias ya que el crédito tradicional hipotecario funciona exactamente igual que cualquier crédito tradicional pero con una garantía de pago en el inmueble adquirido, aunque esto ofrece cobertura a la sociedad crediticia, no ofrece beneficios directos al adquirente es decir tiene las mismas obligaciones, esquema de financiamiento y modelado que la de un crédito de liquidez.

Algunas instituciones públicas ofrecen créditos en UMAs con el fin de garantizar el precio justo de la deuda conforme al incremento del bien adquirido con ella, esto es un ligero avance (no en favor del adquirente) para la cobertura ante la fluctuación de precios. De hecho esta innovación que se implementó en el pasado ha llevado al Fondo de la Vivienda del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (Fovissste) a tener que reestructurar la deuda de muchos trabajadores cuyo saldo insoluto al día de la reestructuración supera en pesos la deuda hipotecaria contraída en un principio, FOVISSSTE (2020).

Aunque hoy en día existen muchos métodos para la administración de grandes volúmenes de activos que pueden representar un riesgo de mercado el sector de financiamiento inmobiliario se está quedando atrás en la implementación de nuevos modelos que cambien las reglas del juego y permitan el acceso a mayor parte de la población a una vivienda.

Uno de los métodos vanguardistas favoritos para determinar precios que no dependen de una sola variable o indicador en el tiempo es la implementación de Redes Neuronales Artificiales (RNA), por su modelo y sistema de autocorrección permiten hacer predicciones que dependen de una gran cantidad de variables cualitativas y cuantitativas además por su proceso de programación es fácil conectarlas a grandes bases de datos o inclusive entrenarlas para recolectar de internet los datos que necesitan para su aprendizaje.

Es importante además notar que en la cadena productiva desde el productor de vivienda hasta el adquirente final se incrementa el valor agregado al costo mismo de la vivienda y cada intermediario busca la forma de respaldar el financiamiento a través de los activos hipotecarios por lo que es importante centrar los objetivos en recortar la cadena de valor agregado para ofrecer un menor costo e incrementar la seguridad en el financiamiento y balance de activos líquidos.

OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es marcar las directrices y consideraciones que hay que tomar al momento de estructurar una RNA dedicada a la estimación de precios futuros de inmuebles, particularmente de vivienda. Además se pretende hacer evidente el uso de estos precios en modelos de financiamiento que favorezcan la adquisición a bajo riesgo para los productores y mejores condiciones para los adquirentes.

Se pretende que derivado del marco teórico de la investigación se identifiquen los procedimientos y mejores prácticas para el diseño de una RNA entrenada para tasar activos inmuebles dado un horizonte de tiempo, además habrá que identificar las variables que intervienen en la tasación a través del tiempo, el verdadero impacto de la inflación y la correcta proyección de la plusvalía.

Una vez identificados los factores que intervendrán en la valuación y cómo integrarlos funcionalmente para dar una tasación de la propiedad a tiempo futuro el siguiente objetivo será establecer los parámetros actuariales a considerar en el diseño del derivado propuesto dado que exista una exitosa curva de precios futuros generada por la RNA.

MARCO TEÓRICO

Tasación de activos inmuebles.

"Cualidad que poseen algunas realidades, consideradas bienes, por lo cual son estimables" RAE (2022), es la definición formal que tiene "valor", en sí la misma; Academia define valuación como acción y efecto de valuar y a su vez podemos ir buscando el significado de cada palabra recursiva del diccionario hasta llegar a "valor" donde encontramos la definición citada. Con esta definición se abre un abanico de opciones y subjetividades que no nos ayudan mucho a determinar cómo encontrar una valuación correcta, autores como: Pulido (2017), Sheppard (1999), Salas (2007), etc., se enfocan en la estimación de un precio probablemente transaccional; es decir, lo que puede acercarse a un precio en una transacción hipotética con el bien inmueble valuado.

Por otro lado, para Judt (2012), el valor intrínseco adjudicado a un inmueble es más bien una construcción social de estatus y satisfacción personal de comprar; en otras palabras, el valor de una propiedad depende en mucho de la comodidad social y personal que aporte en sus amenidades, comfort, estética, zona geográfica, vecindario, incluso valor sentimental, histórico y artístico, aunque esto puede avanzar mucho hacia lo intangible e incuantificable trataremos de dirigir la investigación y resultados a las variables cuantificables o al menos distinguibles.

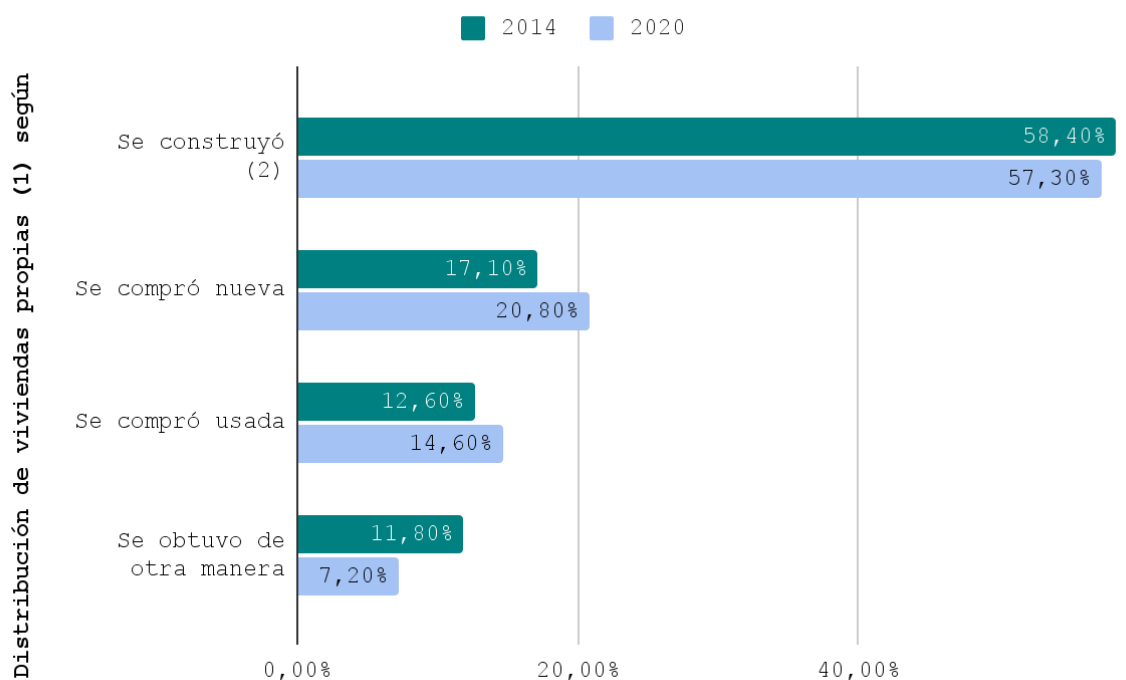
En México ocurre una dinámica migratoria urbana en fase de transición. Durante el siglo XX muchos países comenzaron dinámicas de descentralización de las grandes metrópolis generando polos de desarrollo alejados de estos centros con el fin de disminuir la saturación de las ciudades, Campuzano (2008). México no es la excepción aunque de manera tardía, dado que durante el periodo 2000-2010 la población originaria de las grandes ciudades tiende a moverse a ciudades con menor desarrollo según el Consejo Nacional de Población CONAPO (2010), esto es: las ciudades con mayor desarrollo urbano y más servicios también son las que experimentan un éxodo poblacional que a su paso deja viviendas vacantes que se convierten en mercancía del mercado inmobiliario abriendo una mayor oferta que demanda en ciudades grandes y causando el efecto contrario en pequeñas ciudades en desarrollo, Infonavit (2021).

Bajo el enfoque hedónico del valor de las propiedades, el precio en el que se enfoca nuestra búsqueda es realmente una cantidad expresada en dinero muy

cercana a la que se puede cerrar una transacción de compraventa. Los precios de pizarra o a los que se puede acceder a través de portales inmobiliarios especializados en vivienda son de hecho lo mismo, un precio cercano al que se puede vender la propiedad y el precio exacto se define solo al momento de una transacción liquidada. Este precio exacto es desconocido y muchas veces no es el que se muestra al público, CEPAL (2018).

El enfoque de precios transaccionales es correcto cuando existe una transacción de por medio pero según la Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI) en 2020, el 57.3% de las viviendas encuestadas fue autoconstruida y el resto se trata de vivienda comprada al menos una vez a su constructor o recomprada más de una vez en el 46% de los casos de las adquisiciones que implican una transacción. En la misma encuesta se observa un incremento de 2014 a 2020 de la vivienda que se adquiere ya construida y una disminución en la autoconstrucción, la vivienda adquirida por autoconstrucción en 2014 fue de 58.4% mientras que en 2020 disminuyó 90 puntos base, como se muestra en el Gráfico 3:

Gráfico 3: Método de adquisición de vivienda propia



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI. Encuesta Nacional de Vivienda 2020 y Encuesta Nacional de Vivienda 2014.

- 1) Incluye las que se están pagando, propias e intestadas o en litigio.
- 2) Incluye las que construyó un(a) albañil o trabajador(a) por su cuenta, un(a) ingeniero(a), o arquitecto(a), una empresa constructora, o alguna persona del hogar.

La segregación urbana se refiere a la partición inducida por las condiciones demográficas, sociales y económicas, Latham (2009); sin embargo, en México no existe un plan nacional de desarrollo para la vivienda, son las constructoras y desarrolladores privados los principales responsables de la generación de plusvalía inmobiliaria y segmentación urbana, Coulomb (2006). También son factor determinante de la atracción y polos de desarrollo los servicios cercanos que tiene una región como aeropuertos, plazas comerciales, hospitales y comercio.

Plusvalía e inflación.

En los activos inmuebles es fácil confundir los términos de plusvalía e inflación; veámoslo con un ejemplo: si bien es cierto que el concreto con el que se construye una casa va a ser el mismo desde su vaciado hasta su demolición, también es cierto que el mercado de la construcción no está obligado a mantener el precio de ese concreto en un tiempo y en otro, debido a que sus procesos pueden eficientar y reducir los costos; así como, los combustibles necesarios para el transporte pueden incrementar su precio, a este efecto de cambios de precio sobre exactamente el mismo ítem lo conocemos como inflación y puede ser positiva, negativa o cero, aunque existe un banco central que trata de regular en un sistema de economía libre ésta se autoajusta siempre.

Pero ¿cómo afecta esto al valor de una propiedad?, claramente también las propiedades se ven afectadas por el efecto de la inflación pero ¿esto en realidad incrementa su precio? la respuesta es no, de hecho es muy común que los contratos de arrendamiento tengan como cláusula el incremento de la renta en función de la inflación anual esto solo significa que el propietario se conforma por mantener el mismo nivel de ingresos deflactado por la eternidad.








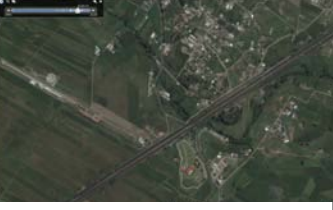



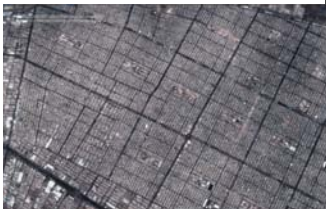


Ahora hagamos el escenario en el que se construyen dos propiedades bajo el mismo proyecto ejecutivo, misma área de construcción, con mano de obra de igual gama incluso construidas por la misma constructora en tiempo paralelo pero la primera, Casa A, es construida en una zona residencial de nivel alto con todos los servicios públicos y la segunda, Casa B, se construye en una zona de reciente liberación urbana en la que se comienzan a trazar calles; además, de acuerdo al plan de desarrollo urbano no tendrá los servicios básicos proporcionados por el gobierno hasta dentro de un par de años. Antes de acabar el escenario ya se debe estar pensando en la diferencia de precios de ambas propiedades solo falta puntualizar las diferencias que en realidad se encuentran fuera de las propiedades,

la Casa A tiene un mayor precio pero no por lo que es sino por lo que la rodea a este efecto se le conoce como "**plusvalía**" y no depende directamente del tiempo o de la inflación.

La plusvalía depende en mucho del plan de desarrollo urbano de cada zona que aunque en gran parte es controlado por los gobiernos, también suelen existir excepciones en las que la iniciativa privada decide invertir generando empleos atractivos que modifican el plan en beneficio de las poblaciones. No es sencillo determinar qué tan lento se desarrollará el entorno de la Casa B al grado de alcanzar el precio de la Casa A, pero si despreciamos el efecto inflacionario el único camino para que la Casa B incremente su precio es la aceleración del desarrollo urbano.

En la Tabla 3, se muestra una cinta de desarrollo de algunas localidades urbanas y semiurbanas en proceso de desarrollo. En la primera cinta (columna izquierda) observamos una ciudad que ha permanecido con un desarrollo urbano casi estacionario durante décadas, en la segunda cinta (centro) vemos el desarrollo urbano acelerado acercándose al estado estacionario similar al de la primera cinta y en la tercera cinta (izquierda) un desarrollo estacionario en subdesarrollo (primeras 3 fotos) y una explosión urbana en la última foto a punto de iniciar un proceso como el de la cinta central.

Tabla 3 : Cintas de desarrollo urbano

AÑO	CD NEZAHUALCÓYOTL EDOMEX	ZONA ESMERALDA TLALNEPANTLA	TLAXCALANCINGO PUEBLA
2000			
2005			
2010			
2015			
2020			

Fuente: Elaboración propia con datos Google Earth Pro.

Los planes de desarrollo urbano se enfocan en garantizar la vida digna y los servicios públicos a un territorio y la plusvalía toma muchos de los elementos del plan urbano para determinar un valor extra al concreto y acero de las construcciones.

Transformar estos datos numéricamente puede convertirse en un trabajo maratónico, pero podemos distinguir 6 etapas:

1. Terreno vegetal
2. Transición de terreno vegetal a primeras viviendas
3. Trazo de las ciudades
4. Proceso de saturación
5. Sobresaturación
6. Evolución y transformación de espacios existentes

Aunque no es sencillo precisar la proporción numérica y tiempos de cada etapa, podemos distinguir puntos de transición acelerada y etapas lentas, Sobrino (1996), en las que el desarrollo urbano se estanca y la única influencia sobre el precio es la inflación.

Las etapas 1 y 2 suelen ser lentas mientras que el trazo y proceso de saturación (en donde existen casi todos los detonantes de plusvalía) se llevan aceleradamente y muchas veces impulsadas por la iniciativa privada del sector inmobiliario para vivienda e industrial que genera fuentes de empleo y favorece el crecimiento de las ciudades pero a su vez el incremento en el costo de los inmuebles del territorio, la sobresaturación es la etapa madura de las ciudades en las que termina de explotar el territorio construible y en algunos casos donde no se siga rigurosamente el plan de desarrollo urbano puede desbordarse el crecimiento e incluso generar plusvalía negativa.

Contratos derivados

Usaremos el término de "contrato derivado" o simplemente "derivado", para referirnos a los contratos cuyo precio se establece en función de algún bien o activo. De manera simplista podemos entender al derivado como una especie de apuesta, Robert L. McDonald [30], imaginemos el escenario en el que su familia se dedica a producir maíz y la familia de un amigo tiene alguna actividad productiva que consume maíz, digamos que entre usted y su amigo hacen un acuerdo en el que si en determinado tiempo que la cosecha esté lista para su transacción el precio de la tonelada de maíz es superior a los \$6,500 usted le pagará a su amigo \$300 y si el precio es inferior su amigo le pagará a usted \$ 300, luce como si estuviéramos colocando una apuesta sobre el precio del maíz; prácticamente estamos hablando de una apuesta sobre el precio del maíz pero quitándole el

sentido peyorativo podemos entender este acuerdo como una forma de reducir el riesgo para ambas partes, de manera que si el precio es bajo al llegar la fecha, su familia tendrá un incentivo adicional a la venta para incrementar sus ingresos. Mientras que si el precio es alto, la familia de su amigo no se verá tan presionada en sus pagos por el apoyo adicional que recibirá de usted; este ejemplo describe en sí mismo un contrato derivado. Este contrato nos ayuda a reducir riesgos rápidamente pero también podemos pensar en la oportunidad de arbitraje que representan estos contratos para intermediarios no interesados en el bien subyacente del contrato.

En México existe el Mercado Mexicano de Derivados (MexDer) y forma parte del grupo Bolsa Mexicana de Valores, se trata de una institución que se encarga de proveer instrumentos, instalaciones y medios para la operación de derivados; comenzó sus operaciones en 1998 por lo que hace el mercado formal de derivados nuevo en México, comparado con el mercado vecino más grande regulado por el Commodity Futures Trading Commission (CFTC) desde 1975.

Los mercados *Over-The-Counter* (OTC) o extrabursátiles se desarrollaron de manera orgánica y descentralizada con el ánimo de buscar compradores y vendedores uno por uno generando operaciones a la medida de los participantes, Allen (2021). Al tratarse de un instrumento más a la medida, los participantes de los mercados tienden a preferir las transacciones OTC ya que aportan flexibilidad en la transacción.

Tipos de derivados a analizar

Opción

Las opciones son instrumentos que dan al tenedor la posibilidad (mas no la obligación) de ejercer el contrato, existen dos tipos de opciones, para colocar el subyacente (put) o para adquirir el subyacente (call) y como en toda transacción encontraremos dos posiciones de negociación la posición corta que es quien vende y la posición larga que es quien compra.

Las opciones pueden ser negociadas con el mismo nombre en un mercado formal dentro de una bolsa o en un mercado OTC.

Forward y futuro

En otros países o por otros autores encontraremos también "contratos adelantados" y aunque algunos separan su definición para los alcances de este trabajo es indistinguible. Tradicionalmente encontraremos futuro para los contratos que se negocian en un entorno organizado y forward para los contratos OTC.

Este tipo de contratos representan la compra-venta de un activo, la adquisición de alguna divisa o tasa a un precio pactado por adelantado.

El mercado OTC es significativamente mayor que el organizado para este tipo de contratos ya que ofrece mayor flexibilidad y adaptación a las partes aunque represente un riesgo de contraparte mayor debido a que no existe una cámara de compensación que mantenga líquidos los contratos.

El concepto de Justicia en los contratos derivados

Se dice que el precio es justo cuando está a valor de mercado esto es cuando compensa la diferencia de precio futuro del mercado del ítem subyacente, Gray y Place (2003).

Opciones inmobiliarias

En el sector inmobiliario mexicano es muy común encontrar intermediarios que ofrecen opciones de compra, aunque un poco más rebuscados que los derivados para activos financieros o materias primas. Por ejemplo, podemos encontrar a menudo "venta de vivienda con opción a compra" por parte de propietarios que sin saber de la existencia de la teoría de derivados ofrecen esta modalidad buscando reducir su riesgo de no pago ante una posible insolvencia del comprador.

Redes neuronales

Al ser este un trabajo basado en la integración de RNA, hablaremos también de los datos que entrenan los modelos y de las herramientas modernas que nos permiten crear RNA, en primer lugar nada de esto sería posible sin el internet, una herramienta que provee la posibilidad de almacenar compartir y distribuir datos en escalas y dimensiones muy complejas, permitiendo a los usuarios poder acceder a

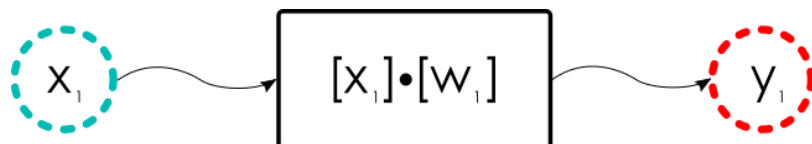
una cantidad de datos transformables en conocimiento de cualquier tipo de formato, imágenes, multimedia, texto, hipertexto, Mitra y Acharya (2003); el proceso de recolección de datos y transformarlos en conocimiento o información útil es el verdadero reto de la minería de datos.

La unidad mínima de una RNA es la neurona, un objeto matemático que en resumen es capaz de calcular una suma ponderada y aplicarle una función al resultado, es como objeto matemático una función multivariada. El proceso de aprendizaje en red de estos objetos llamados neuronas se basa en la estimación de errores y la búsqueda de la reducción de los mismos a través de mandar el tamaño de error de reversa en la red e ir ajustando según la ponderación que tenga cada peso.

A continuación veremos un ejemplo de cómo funciona una red neuronal de una sola neurona que hace un cálculo muy simple:

Definiremos una neurona o perceptrón que recibe un valor x_1 y devuelve un valor y_1 a través de un multiplicador w_1 como se muestra en el gráfico 4:

Gráfico 4 : Ejemplo de unidad perceptrón simplificada



Fuente: Elaboración propia.

Comencemos definiendo los valores a los que nos gustaría llegar:

Para este ejemplo supongamos que queremos emular la función $y = 3x$

Entonces nuestros valores de entrenamiento pueden ser los que se muestran en la tabla 4:

Tabla 4 : Ejemplo de datos de entrenamiento para red neuronal

x	y
-2	-6
-1	-3
0	0
1	3
2	6

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de entrenamientos usaremos el algoritmo de *backpropagation* es decir tomaremos el resultado esperado e iremos ajustando nuestros pesos (en este caso es un solo peso w_1 al que en cada época subindexamos con el número de la época empezando con 1)

Empecemos con un valor arbitrario $[w_{1,1}] = [1]$ (tome en cuenta que W Suele ser un vector de pesos. Consideremos una función de error $E(y, y^*) = \frac{(y-y^*)^2}{2}$ como un medio del error cuadrático (por conveniencia), es fácil ver que cumple con ser una medida de error ya que es siempre positiva y crece en la misma dirección que la "lejanía" del valor esperado.

entonces nuestra red de una sola neurona nos predice con:

$$x_1 = 1 \quad (1)$$

el valor predicho y_1 utilizando (1) cuando sabemos que el valor esperado $y_1^* = 3$

$$y_1 = 1 * 1 = 1 \quad (2)$$

para encontrar el nuevo valor de $w_{1,2}$ es decir el peso en la época 2 usamos el modelo (2)

$$w_{1,2} = w_{1,1} - \left(\frac{dE(y_1, y_1^*)}{dw_1} \right) \quad (3)$$

Para resolver el nuevo valor encontraremos primero la derivada del error respecto a la primer entrada (en un modelo más complejo habría que encontrar la derivada parcial respecto al peso que se quiere ajustar) con la regla de la cadena obtenemos:

$$\frac{dE(y, y_1^*)}{dw_1} = x_1 w_1 - y^* \Rightarrow \frac{dE(y, y_1^*)}{dw_1} \Big|_{x_1=1, w_1=1} = -2 \quad (4)$$

Debe recordar que $x_1 = 1$ no denota "un valor de x " sino la variable que corresponde a la primera entrada de la capa de entradas.

Después ajustamos el modelo con los valores conocidos de manera que nuestra nueva $w_{1,2}$ (el peso 1 en la época 2) queda como:

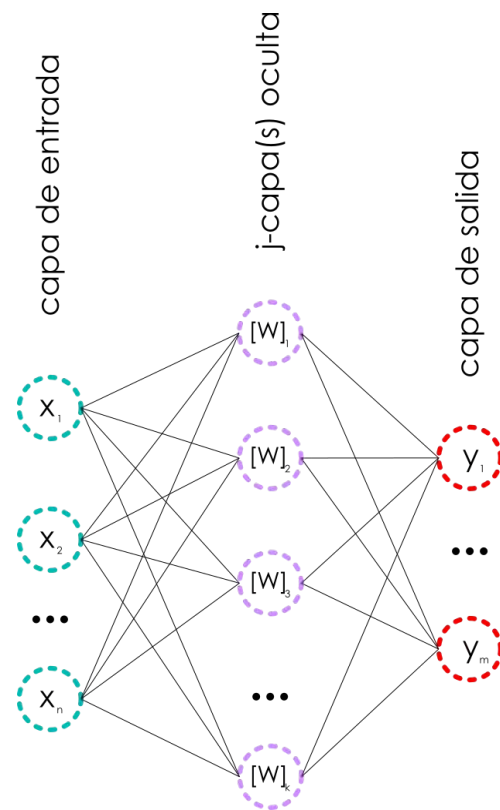
$$w_{1,2} = w_{1,1} - (-2) = 1 + 2 = 3 \quad (5)$$

desde luego que hemos tomado un ejemplo fácil de entender y que ha convergido al W esperado de manera rápida (esto es en tan solo una iteración) pero podemos generalizar el método y dar condiciones en las que puede converger para los valores esperados.

Backpropagation

En general tendremos el modelo de perceptrón multicapa, Noriega (2005), como lo muestra el gráfico 5:

Gráfico 5. Arquitectura de perceptrón multicapa



Fuente: Elaboración propia.

y tendremos una relación de valores de entrada y valores de salida a los que llamaremos valores de entrenamiento pueden ser parejas ordenadas de vectores con datos.

El algoritmo de *backpropagation* lo que hará es dar pesos aleatorios a las capas ocultas y dar resultados que en principio no tienen por qué parecerse a los esperados y con ayuda de la relación de valores esperados y una función de error irá ajustando los pesos de manera que cada error en la capa de salida le ayuda a identificar qué tanto está influyendo el j-k-ésimo peso y de esta manera modificarlo. En cada época del *backpropagation* el algoritmo calcula un grupo de derivadas que le ayudan a identificar qué pesos están siendo los más influyentes en la predicción y en qué dirección están moviendo al resultado para poder modificarlos en la dirección que deseamos.

Para evitar que se vuelva un polinomio gigante que pueda ser reducido, las redes neuronales usan funciones de activación aplicadas al valor ponderado por los

pesos en cada neurona, esto ayuda a eliminar la linealidad y ayuda a la red a ajustarse a modelos no lineales.

La gran ventaja del método de ajuste estriba en que no es necesario hacer un cálculo previo que le de una función al modelo sino que el modelo en medida que recibe más datos y se retroalimenta de los resultados puede ajustar los pesos de cada entrada siendo estas escalables a una gran cantidad de variables.

Aunque en general no es necesario discriminar las variables, esto debido a que el modelo puede asignar peso cero a las que no parecen estar relacionadas a los resultados, es recomendable (para hacer más rápido el aprendizaje y no dedicar los cómputos a ver cuáles variables NO vamos a usar) hacer una selección de variables utilizando otros métodos de estadística descriptiva como son análisis de varianza y covarianza, correlaciones y quizá un rápido análisis cualitativo preguntando ¿Si modifico esta variable me hace sentido que el resultado sea distinto?.

Existen diferentes modelos de redes neuronales principalmente definidos por su topología, dependiendo si las neuronas individuales tienen conexión con todas, con algunas, con sí mismas o si son un solo objeto es como se nombran de diferentes maneras, para el objeto de este trabajo utilizaremos únicamente redes multicapa en las que todas las neuronas de la capa anterior se conectan a todas las neuronas de la capa siguiente. El modelo multicapa se puede entender como una generalización de los otros modelos ya que si quisiéramos especializar algunas neuronas con otras solo bastaría utilizar ponderadores cero en el resto de neuronas que no queremos que influyan en el proceso.

Inmuebles como subyacentes de contratos derivados

El mercado inmobiliario ofrece actualmente ofertas de compra futura o promesas de compra de manera informal, algunas plataformas publican sus arrendamientos con "opción a compra" y otras más como "renta a cuenta de compra" estas modalidades no se regulan por una institución financiera y actualmente son solo al buen criterio de los propietarios y administradores de inmuebles, claramente en ciudades que atraviesan la cúspide de su valoración inmobiliaria como la Ciudad de México podrían estar cometiendo un error en su tasación a futuro en estos contratos que de manera informal se celebran como contratos de arrendamiento con cláusulas o características de buena fe que los convierten derivados técnicos.

Aunque no existe una clasificación formal de estos contratos como derivados podemos encontrarles todas las características técnicas que requieren para serlo incluso podemos entenderlos como derivados más complejos que generan dividendos o que ofrecen rentas (ingresos) antes del vencimiento o el ejercicio del derecho a comprar/vender.

Como ya vimos gran parte de la población sitúa su riqueza e incluso la riqueza de la familia o el principal activo patrimonial en función de sus propiedades por lo que no es poca cosa analizar desde un punto de vista técnico financiero y de riesgo la evolución de los precios de este particular subyacente.

Tasación de inmuebles con redes neuronales

Hay diversos y muy buenos intentos de predicción de precios de inmuebles bajo métodos computables (Shinde y Gawande 2018, Asilkan 2012, Teng 2016, Banerji y Saxena 2012, Grybauskas Pilinkienė y Stundžienė 2021) que van desde regresiones simples, multivariadas, árboles de decisión, web scraping, redes neuronales, perceptrones simples por mencionar algunos y aunque algunos métodos obtienen niveles de error por debajo de otros el precio real del inmueble sigue estando sujeto a lo mencionado con anterioridad y aparece un nuevo factor el precio ¿para quien? ya que como hemos visto hasta ahora por más que intentemos usar distintos y muy ambiciosos métodos para tasar un inmueble, siempre se verá sesgado por los gustos y comodidades que vea el comprador en la propiedad.

METODOLOGÍA

Existen diversos trabajos en América Latina (Savio 2018, Bodero-Poveda 2022 y Medrano 2020) que muestran en un caso práctico el uso de la minería de datos provenientes de internet y portales inmobiliarios como buena fuente para la estimación de precios justos de vivienda, además estos trabajos señalan las deficiencias de la información y los criterios para depurar el cúmulo de datos obtenidos de anuncios clasificados principalmente.

Como ya mencionamos la tarea de tasar un inmueble se basa en la comparación del mercado y lo atractivo (por subjetivo que esto suene) que es un espacio para el comprador por lo que en términos cuantitativos nuestras variables pueden ser muchas y de muchas naturalezas por lo que es importante hacer una correcta recolección de las mismas, un buen método para minar datos (Medrano 2020, Glez-Peña 2014, Savio 2018) es el *Web Scraping*, una técnica que consiste en entrar a los portales que poseen los datos y recolectarlos de manera masiva (López, 2020).

Así que en esto consiste la primera parte del trabajo:

Conjunto de datos.

Para empezar se propone un conjunto de variables que podrían estar o no relacionadas entre sí y que podrían o no encontrarse en los portales inmobiliarios. Este es un paso al que no debe dedicarle mucho tiempo para descartar candidatas pero sí a incluirlas ya que la red neuronal aprenderá a cuáles prestarles menos atención.

A la par debemos elegir la fuente de los datos, existen muchos portales inmobiliarios en internet que ofrecen descripciones amplias de las propiedades que promocionan, yendo de lo general a lo particular observemos la siguiente muestra de algunas publicaciones en la red:

Gráfico 6. Captura de pantalla en portales inmobiliarios

Departamento en Venta - Tulum - Region 15

📍 Tulum Centro, Tulum

Desarrollo con arquitectura de lujo moderna y casual ubicado en un marco natural incomparable a la mitad de la selva y a cuatro minutos del mar Caribe. Compone de 17 condominios, cada uno de ellos...

US\$ 437,000 2 2 136 m²

Recámaras Baños Construidos

[Ver mas Info](#) [Contactar Agente](#) Agustina Doynel
MIEMBRO DESDE 2021

RESIDENCIA EN VENTA, ZONA METEPEC, ALTA PLUSVALIA, APLICAN CREDITOS

📍 Exhacienda San Antonio, Metepec

Casa en Venta en Hacienda San Antonio RESIDENCIA EN VENTA, ZONA METEPEC, ESTADO DE MEXICO. Ubicada en Conjunto Residencial de Alta Plusvalía. Vigilancia las 24 horas, Doble filtro de...

\$ 11,300,000 4 526 m² 420 m²

Recámaras Construidos Terreno

[Ver mas Info](#) [Contactar Agente](#) Realty World Key House
MIEMBRO DESDE 2014

TERRENO EN VENTA, MÉRIDA, YUCATÁN, "SOLUNA" CLÚSTER ORIÓN, CASA CLUB, ENTREGA INM

📍 Temozon Norte, Mérida

Soluna es una espectacular comunidad planeada de 69 hectáreas que integra extensas áreas verdes, dos Casas Club, zonas comerciales y zonas recreativas. Soluna cuenta con dos Casas Club equipada...

\$ 1,323,575 284 m²

Terreno

[Ver mas Info](#) [Contactar Agente](#) GDM Inmobiliario
MIEMBRO DESDE 2022

TEKNO Norita

📍 La Norita, Apaseo El Grande

TEKNO Norita Invierte ahora comprando a precio de pre-venta y obtén una plusvalía del 30% en tan sólo 8 meses. Adquiere una nave industrial en la zona de mayor demanda industrial...

\$ 2,370,000 262 m²

Superficie construida

[Ver mas Info](#) [Contactar Agente](#) Microparque Industrial Tekno
MIEMBRO DESDE 2020

Fuente: Lamudi (lamudi.com.mx).

Se trata de una muestra de tamaño 4 totalmente aleatoria sin ningún criterio de estratificación obtenida del portal inmobiliario <https://www.lamudi.com.mx/for-sale/> el cual promete tener un catálogo de "441,670 Propiedades & Inmuebles en Venta en México" tal como lo dice la portada de su página el día de la consulta. Por su parte <https://www.inmuebles24.com/> señala en su página que tiene "482,984 Propiedades e inmuebles en venta en México" es importante notar que seguramente muchas de estas propiedades se comparten entre estas dos y muchas de las otras páginas que ofrecen el mismo servicios. Para el ejercicio bastará con fijarse en Inmuebles24 ya que según el sitio web de clasificación de

páginas <https://www.similarweb.com/es/> en el sector de servicios inmobiliarios inmuebles24 es el sitio más visitado en México.

La estructura y base de datos de inmuebles24 no es pública sin embargo sus publicaciones si lo son de manera que se sugiere acceder a una recolección de los datos con código propio y al ser una página web basada en HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto, del inglés *HyperText Markup Language*) la mejor herramienta para este trabajo debe estar basada en *JavaScript*.

En este punto el programador de la red debería preguntarse cómo pasar de todo el texto recolectado de los 482,984 microsítios de las propiedades a un conjunto de datos procesables por la red neuronal objetivo, es importante destacar que si el programador de la red elige computar el casi un millón de propiedades que ofrecen los dos principales sitios de internet los resultados serán mejores además de no ser un muestra imposible de computar para una red neural. Como ya vimos la red neuronal es una especie de función (no puedo decir que una función específica porque su regla de correspondencia cambia con el *backtesting*) que toma un vector de reales (o vectores de reales) y devuelve un vector de ellos por lo que es importante al proponer las variables proponer también su método de embedding.

Algunas variables como la "Superficie construida", "superficie del terreno" o "precio" serán muy intuitivas para pasar a números reales pero habrá otras variables recolectadas en el *web scraping* como la descripción libre que elige el agente inmobiliario que no será tan fácil transformar a números reales. Un primer intento es enlistar todas nuestras descripciones en los portales inmobiliarios y asignarles un número natural, y listo tenemos todas nuestras variables asociadas a un número que puede procesar la red, si tomamos la muestra de publicaciones seleccionada para el ejercicio obtendremos datos escritos por los usuarios resumidos en la tabla 5:

Tabla 5 : Texto escrito por usuarios en portales inmobiliarios

Descripción	Valor asociado
<p>AMENIDADES:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Alberca en planta baja -Asoleadero -Área de Yoga -Cafetería -Roof Top con Alberca y Bar <p>ENTREGA DICIEMBRE 2023</p>	1
<p>Estacionamiento techado para 4 autos</p> <p>Planta Baja:</p> <p>Recibidor Amplia Estancia con doble altura Comedor Cocina Integral totalmente Equipada, cuenta con Isla, cubierta en cuarzo. Despacho Recamara con vestidor y baño completo Área de Lavandería Cuarto de servicio con baño completo Jardín posterior</p> <p>Planta Alta:</p> <p>Recamara Master, con baño completo, jacuzzi, vestidor y terraza 2 recamaras junior , con closet y baño completo cada una Salón de Juegos Sala de Televisión</p> <p>Excelentes acabados, magnifica distribución.</p>	2

AMENIDADES

- Piscina y asoleadero
- Salón de eventos
- Área de juegos
- Ciclopista
- Bar
- Sauna
- Cancha de pádel
- Gimnasio
- Salón de yoga
- Vestidores
- Amplias áreas verdes

CARACTERÍSTICAS

- Servicios de energía eléctrica y agua potable
- Fibra óptica de Telmex
- Sistema de drenaje
- Régimen de condominio
- Caseta de vigilancia
- Barda perimetral
- Vialidad de concreto

ACABADOS Bodegas de 262.97m Altura de 8 metros Área de oficinas de 22.57m ² + Mezanine *opcional Entrada de acceso vehicular a la nave de 3x4m 4 lugares de estacionamiento Cortina metálica enrollable 3x4m Cancelería de aluminio en oficinas Baño en oficinas Instalación hidro-sanitaria Energía eléctrica trifásica de 8kva's y preparación para transformador Piso 15cm de espesor de concreto hidráulico MR35 Altura promedio 7m Techo de lámina KR 18 con aislamiento termo acústico de 2" Bodegas de 1,841.64, 1,911.12 y 1,907.20 Altura de 11 metros Área de oficinas de 22..83m y 360m estacionamientos Entrada de acceso vehicular a la nave de 5x4 8 lugares de estacionamiento Cortina metálica enrollable 5x4 Cancelería de aluminio en oficinas Baño en oficinas Instalación hidro-sanitaria Energía eléctrica trifásica de 8kva's y preparación para transformador Anden con rampa niveladora Piso 15cm de espesor de concreto hidráulico MR35 Altura promedio 10m Techo de lámina KR 18 con aislamiento termo acústico de 2"	4
...	...

Fuente: Lamudi (lamudi.com.mx).

Pero rápidamente notamos que nuestro "Valor asociado" no le va a decir nada a nuestra red. Entonces buscamos otra forma de asociar un vector de números reales que sí le de información a nuestra red, así que necesitamos un criterio que pueda transformar el lenguaje natural con el cual se describen las propiedades como "bonitas", "amplias", "cómodas" y descripciones de materiales o amenidades que ofrece una propiedad. Normalmente este proceso resulta en un vector numérico que la red neuronal ahora puede procesar.

Siendo simplistas el *embedding* es dimensionar el lenguaje natural. A continuación se presenta un breve ejemplo que le es útil para entender este proceso.

Tabla 6 : Ejemplo simple de *embedding* en 2x2 dimensiones

	Economico: 1	Lujo: 2
Muros: 1	Muros acabados en estuco	Muros acabados en roble
Escaleras: 2	Escaleras de madera	Escaleras de marmol

Fuente: Elaboración propia.

En este ejemplo se dimensionan las instalaciones de una propiedad en dos dimensiones. Si se tratase de un conjunto de propiedades que solo tienen un muro y una escalera que puede variar y todo lo demás es lo mismo con esto le bastaría a la red neuronal para entrenarse. Pero puede extenderse a tan continua y tan n-dimensional con una n lo suficientemente grande como se necesite por ejemplo una primera extensión podría ser clasificar el tipo de muro del que estamos hablando y una partición más fina de los niveles del acabado:

Tabla 6 : Ejemplo *embedding* en valores continuos para n instalaciones

		NIVEL DE LUJO					
		1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
TIPO DE INSTALACIÓN	MURO:1	Muros en estuco blanco	Muros en estuco pintado	Muros en pasta texturizada	Muros en acabado aparente	Muros acabados en lambrin	Muros acabados en roble
	MURO BAJO:1,2	...					
	MURO DOBLE ALTURA:1,4		....	....	...	...

Fuente: Elaboración propia.

como se puede ver, llega un punto en el que hemos acabado con el tipo de instalaciones y los niveles de lujo y ahora queremos hablar de la edad de la edificación; entonces, no bastaría una matriz para contener esto sino una 3 dimensional matriz y si queremos agregar los criterios de ubicación de la propiedad entonces necesitaremos 4 dimensiones y así crecerá nuestra dimensión de los datos hasta que nos complazca el resultado.

Para efectos de practicidad y ante la indiferencia del nombre de las poblaciones sobre su desarrollo urbano llamaremos territorio al paquete urbano que acompaña a una propiedad y se deberá componer de un vector que haga un embedding de las características urbanas del territorio, esto es el material de sus calles, los servicios públicos con los que cuenta, su cercanía a hospitales, escuelas, centros comerciales, transporte y demás servicios.

Será importante clasificar los territorios en un tabulador que responda a "¿cuando tardo de pasar de un territorio a otro?" Para esto se propone el uso de otra red neuronal cuyas entradas serán un territorio inicial, un horizonte temporal y su salida será otro territorio.

A los datos recolectados de los territorios se debe asignar un diferencial de tiempo con el que será entrenada la red neuronal. El orden visual de los datos puede ser del siguiente tipo:

```
X2 : territorio1 = {
    recubrimiento_calles : 1,
    ... : r,
    cuenta_con_drenaje : 1
}
```

Y los criterios de embedding determinarán si el recubrimiento de calles tipo 1 es de tierra, tipo 2 de asfalto y cuantas variantes se requieran así con el resto de características urbanas a valor presente.

La relación temporal se sugiere en un modelo de matriz que asocia cuánto tiempo pasó desde que el territorio i , lucía como el territorio $i+1$ hasta lo que es hoy. Se propone usar el mes como unidad mínima de tiempo para ayudar a incrementar la precisión sin caer en el error de la incertidumbre por usar una unidad menor. Esta matriz ejemplificada en la tabla 7 tendría un aspecto como el siguiente:

Tabla 7 : Tabla ejemplo de tiempos de transición entre territorios NxN

		MESES QUE TRANSCURRIERON							
		A ESTA ZONA							
		territo rio1	territo rio2	territo rio3	territo rio4	territo rio5	territo rio6	...	territo rioN
DE LL EV AR ES TA ZO NA	territo rio1	0	1	-12	60	0	14	...	-12
	territo rio2	-1	0	-13	59	-1	13	...	-13
	territo rio3	12	13	0	72	12	26	...	0
	territo rio4	-60	-59	-72	0	-60	-46	...	-72
	territo rio5	0	1	-12	60	0	14	...	-12
	territo rio6	-14	-13	-26	46	-14	0	...	-26
	...	...	...	...	...	...	...	0	...
	territo rioN	12	13	0	72	12	26	...	0

Fuente: Elaboración propia.

En esta matriz (que es solo ilustrativa) se expresa en meses el tiempo que ha tardado un territorio en convertirse en otro observe por ejemplo que el renglón asociado al territorio 5 se le asigna un 0 en la columna de sí mismo ya que se conviene que la transición de sí en sí es inmediata. Un ejemplo más interesante es el territorio 1 que tardó **+60** meses en convertirse en el territorio 4 y puede observar que esta configuración permite la transitividad y la asociatividad es decir que se puede tomar el tiempo que el territorio 1 llegó a ser el territorio 2 (**+1**) y después el tiempo que tardó el territorio 2 en convertirse en el territorio 4 (**+59**) y se cumple que suman 60 meses, con esto solucionamos el tema de la no linealidad de las transiciones ya que tomamos directamente los datos de la realidad y dejamos que una red neuronal asocie los tiempos necesarios a cada transición.

Entonces dividiremos el paquete de datos en dos ya que en realidad la red debe dividir su proceso en dos: la primera parte dedicada a estimar el territorio equivalente a la plusvalía que queremos estimar en el horizonte de tiempo y la segunda tarea a tasar el inmueble como si este se situara en el territorio equivalente al horizonte de tiempo.

Los paquetes de datos tendrán una estructura como se muestra a continuación:

```
X : Datos de entrada = {
    X1 : [Embedding de datos hedónicos de la propiedad],
    X2 : [Embedding de datos urbanos del territorio],
    X3 : [Horizonte de tiempo]
}
```

De la predicción

Hasta aquí hemos solucionado el problema de la estructura de datos de entrada, falta notar que para que la red pueda tener un aprendizaje también hay que asociar el resultado esperado en cada conjunto de entrada, para esto hay que responder a ¿que quiero ver cuando a mi red le dé esta entrada? Así que antes de seguir con la estructura de entrada pasaremos a la parte financiera en donde decidiremos en realidad qué información me es valiosa para hacer un contrato derivado justo.

Aunque existen metodologías de valuación distintas para opciones, pondremos nuestra atención a una que nos permita dar un precio justo conociendo los precios y la probabilidad de que ocurran en T_0 y en T_N esto desde luego abre las posibilidades al cálculo de opciones de tipo europeo y nos da las variables útiles que inducen bien el precio de un futuro. Las dos afirmaciones anteriores se sostienen en la definición misma de los contratos derivados. Puede poner atención a que si usted supiera con qué probabilidad tendría cierto precio a T_N y conoce el precio hoy puedo inducir de manera simplista si le parece “conveniente” el precio del derivado.

Para una RNA quien dice T_N puede decir T_n con esto abrimos el abanico a generar curvas continuas de precios con intervalos de confianza y probabilidades en cada intervalo deseado. Por sí mismo el *Backpropagation* induce un *Backtesting* por lo que dada una salida de cualquier RNA siempre podremos saber la probabilidad de que esta salida sea la correcta.

Se sugiere que en el diseño de las salidas de la RNA no se limite solo a tener la dupla de (Salida, *p-value*), sino que en el diseño se obtenga un vector (tan “continuo” como los recursos del procesador lo permita) de salidas y sus respectivas probabilidades.

T_0 : Tiempo en el momento de la negociación

T_N : Tiempo en el momento de vencimiento del contrato

T_n : Tiempo "n" periodo del contrato

S_0 : Precio de mercado del ítem en el momento de la negociación

S_N : Precio de mercado del ítem en el momento de vencimiento del contrato

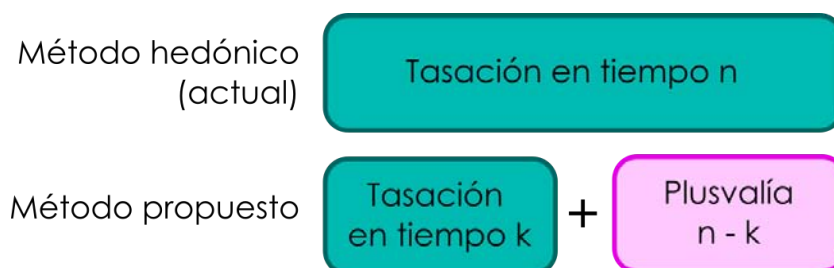
S_n : Precio de mercado del ítem "n" periodo del contrato

Ya vemos que para hacer útil el resultado entonces debe alimentarse de T_n y ofrecer una curva de S_n así que ya tenemos visualizado lo que queremos en el resultado de nuestra operación neuronal:

Buscamos una red neuronal que al recibir el tipo de propiedad (Datos hedónicos y Datos del Territorio) y un parámetro de tiempo devuelve un precio a tiempo n

Si despreciamos la inflación el costo de las propiedades puede dividirse en un enfoque hedónico que integra todos los factores del entorno y de la construcción y otro enfoque en el que asumimos una correcta tasación en cualquier punto del tiempo y tratamos de moverlo un periodo del que se conoce la evolución urbana del territorio para determinar la plusvalía.

Gráfico 7 : Equivalencia entre método hedónico y tasación trasladada en el tiempo por la plusvalía



Fuente: Elaboración propia.

Aunque no es sencillo determinar qué tanto incrementa una propiedad cuando el gobierno decide hacer un nuevo colegio local o alguna industria decide construir un corporativo en la zona si existen ciclos que se repiten en todas las ciudades en sus etapas de expansión y madurez. Aunque no se puede dar una fórmula explícita,

se dan las condiciones para entrenar una red neuronal que determine el paquete urbano que le corresponde al territorio actual en $(n-k)$ años, esta tarea se explica más adelante pero es crucial para una correcta tasación.

La plusvalía de $n-k$ no es lineal ni tiene por que seguir una función determinista de hecho es un proceso de estados que se puede interpretar como:

Si estoy en el territorio K (una etapa del proceso de urbanización) en $(n-k)$ años ganaré una plusvalía equivalente a la que tiene el territorio N de manera que la red neuronal deberá de calcular la tasación de la propiedad a tiempo presente en el territorio N.

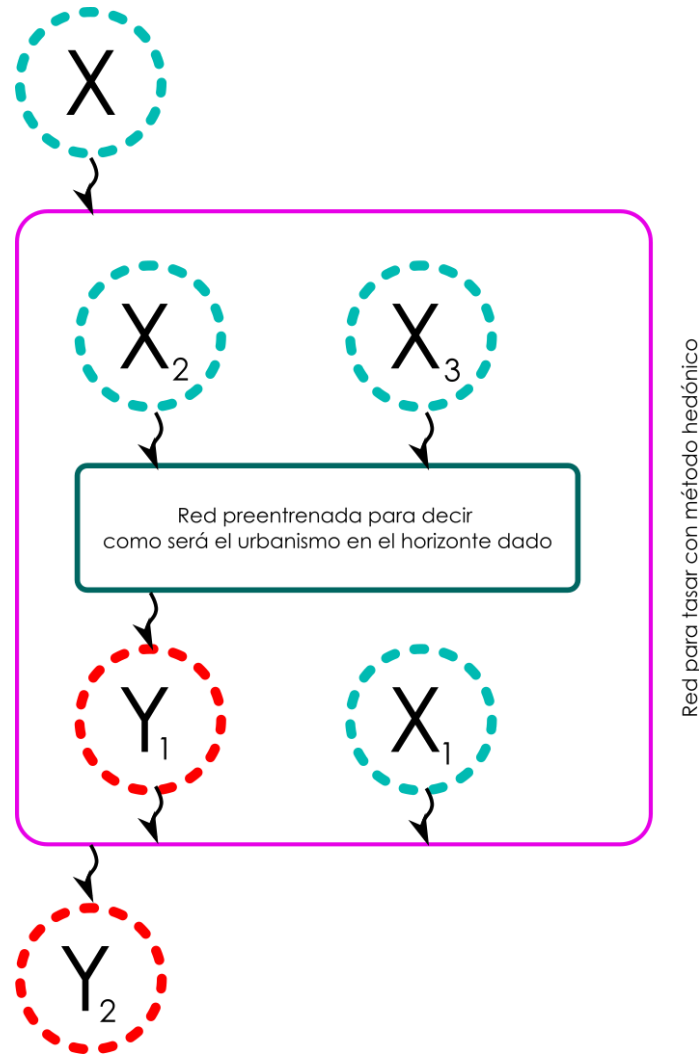
La estructura de los datos asociados a los horizontes de tiempo y a los territorios es muy intuitiva sin embargo la red neuronal debe ser entrenada como la función:

$$R_0(\text{TerritorioActual}, \text{Tiempo}) = \text{TerritorioFuturo}$$

Es decir recibe un *embedding* del territorio actual y el horizonte de tiempo al que se quiere proyectar la tasación y como resultado devolverá el *embedding* del territorio en el que se podría situar en el tiempo dado.

Veremos que lo descrito anteriormente ofrece el modelo de procesamiento descrito en el gráfico 8:

Gráfico 8 : Flujo del proceso y tareas de la red neuronal propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

donde el paquete de datos (X) se divide en 3 subpaquetes ($[X_1, X_2, X_3]$) dos de ellos ($[X_2, X_3]$) se utilizan para determinar el entorno urbano (Y_1) que tendrá en el horizonte de tiempo dado y el restante (X_1) dará características de la propiedad y el último procesamiento dará como resultado (Y_2) el precio de la propiedad en el horizonte de tiempo dado. Si esto fuera una función tendría la siguiente estructura:

$$R_1([X_1, X_2, X_3]) = \textit{TasacionFutura}$$

Del derivado

El diseño del contrato derivado deberá usar dos veces la red neuronal, la primera para determinar una tasación al día de hoy y la otra para proyectar tantos precios como sean necesarios en el horizonte futuro del contrato.

Por favor observe que no se podrá integrar un solo interés a todo el periodo pero puede generar curvas con metodologías de swap que le ayuden a suavizar y hacer congruentes los incrementos entre cada periodo.

El diseño del derivado debe estar enfocado en opciones de compra que no pongan en riesgo la posesión física del inmueble o sesión de los derechos del mismo pero, que den la garantía a la parte adquirente de poder comprar a un precio justo cuando esté en sus posibilidades. Además gracias a la curva de precios que se sugiere generar, es posible que el oferente de vivienda fije precio de "recuperación" en caso de que desee integrar un derivado de compra futura bajo un esquema de *leasing* es decir: Con una curva de precios, los oferentes podrían ofrecer arrendamientos financieros justos que les ayuden a valorar un alquiler y más un premio que puede descontarse del valor futuro de la propiedad, con el objetivo de que pasado un tiempo el adquirente pueda comprar a un precio pactado el inmueble del que es objeto el contrato.

En caso de diseñar opciones de compra es valioso considerar que la inflación deberá calcularse aparte con los métodos que el diseñador prefiera pero el método aquí propuesto no incluye el efecto de la inflación en los procesos de cálculo.

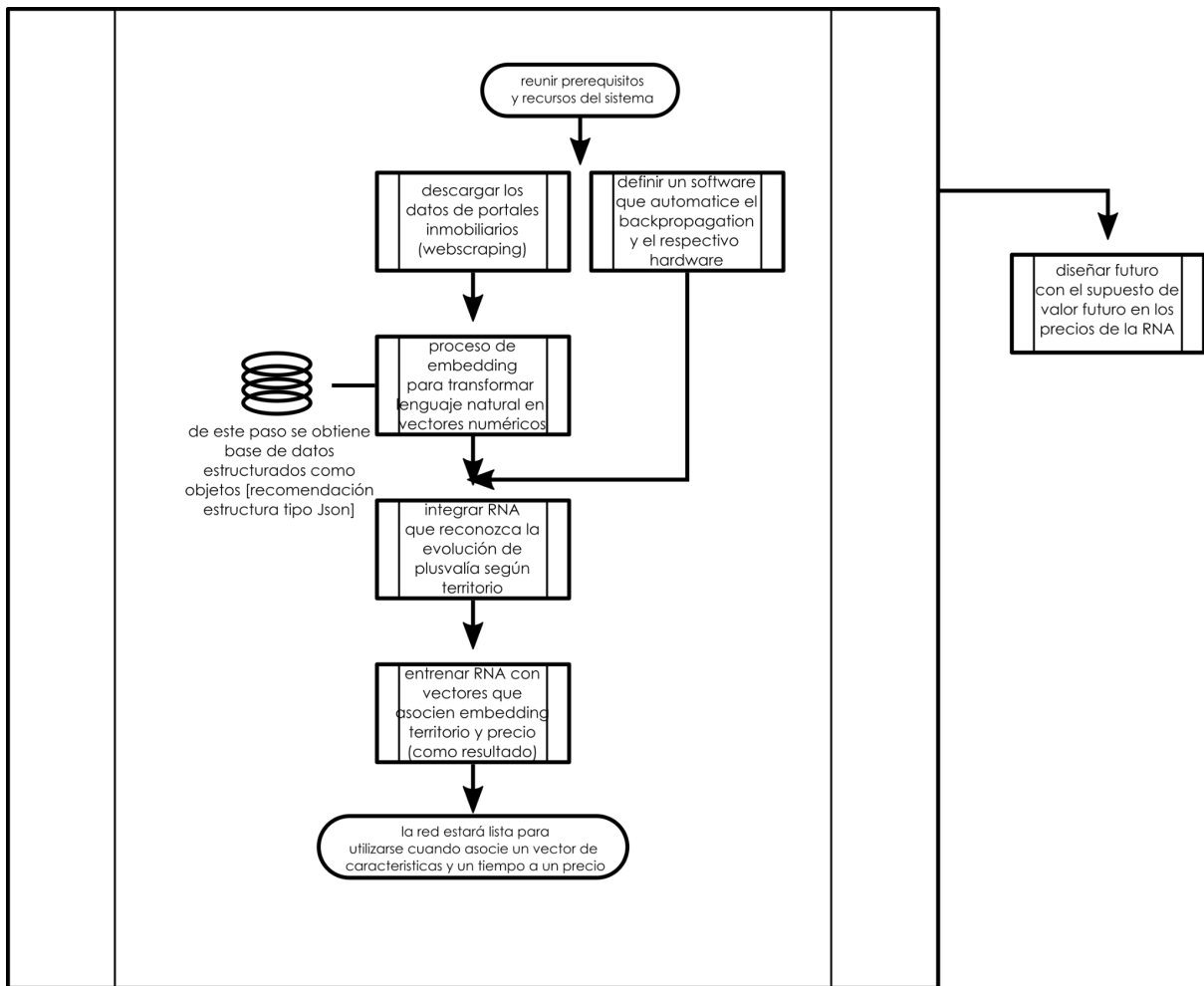
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El proceso de modelado propuesto no exhibe directamente la programación de la red neuronal, sin embargo, se dan las características y consideraciones que deberá tomar quien emprenda este objetivo. Además de los ejemplos y breves muestras de estructura que aquí se exhiben, es importante que el programador de la red considere con mucha importancia el software y el hardware empleado en el cómputo, puesto que, se está sugiriendo hacer una muestra total de los portales inmobiliarios. Hoy en día existen muchos paquetes de código abierto sobre los que se sugiere hacer una investigación para determinar su eficiencia y consumo de recursos.

Los resultados de la red neuronal propuesta van muy ligados a la calidad de los datos y la estructura de los mismos, por eso, se hace énfasis en el orden y manejo de los mismos, ya que, si van datos de más no ocurrirá nada y con el tiempo la red aprenderá a ignorarlos pero si se introducen datos de menos es posible que la red nunca converja o converja a falsos resultados.

Como resultado del presente trabajo se presenta el Diagrama 1 que resume las tareas y procedimientos que se deben seguir para llevar a la práctica lo aquí plasmado:

Diagrama 1. Proceso de resume las directrices y consideraciones en el diseño de una red dedicada a la valuación de futuros inmobiliarios



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Después de la investigación e integración del método se puede concluir que la implementación de esta red no es tarea sencilla por lo que se deja como un reto a un equipo de programación con intereses auténticos en el sector inmobiliario. Sin duda esta puede ser una herramienta de mucha utilidad en el sector comercial inmobiliario, ya que, puede permitir a los productores acceder a los adquirentes a un bajo riesgo pero permitiendo entrar al mercado con precios más competitivos viniendo directamente del productor.

La recomendación está sobre la línea de investigación jurídica ya que el comercio de vivienda está clasificado como sensible para la economía y podría tener restricciones sobre la responsabilidad e impacto social. Aunque a simple vista es un tema competente al código comercial, sin duda puede ser de gran impacto en la salud financiera de los productores y de los adquirentes, incluso trascender al manejo fiscal del riesgo y el comercio de los contratos derivados a personas físicas ya que los adquirentes (como ya lo vimos en los resultados del INEGI) adquieren en su mayoría con recursos propios que no siempre están correctamente regulados y en el caso de un contrato derivado se puede dar una réplica de la muestra general.

También salta a la atención el desarrollo urbano de grandes ciudades que vale la pena mirar desde el punto de vista demográfico ya que la explosión desmedida puede desencadenar la escasez de servicios y necesidades básicas para la población por lo que es recomendable preguntarse si estamos promoviendo correctamente la vivienda en conjuntos y aglomeraciones urbanas.

Y desde el punto de vista económico se invita a la reflexión de la plusvalía no homogénea en los diferentes sectores sociales. Es objeto de crítica e investigación el hecho de que ciudades o colonias con alta plusvalía tengan acceso a más servicios y mejores condiciones urbanas que se desencadenan en mucha más plusvalía, entrando en un bucle de privilegios que favorecen al precio de las propiedades no por el hecho mismo de lo que son el proceso constructivo que tienen sino del entorno social que las cobija. Por su parte el análisis económico de los fenómenos de estancamiento en el desarrollo de las ciudades va de la mano de este punto de vista, ya que ciudades con sobresaturación de la población e irregularidades en su colonización desfavorece la inversión privada y estanca por mucho más tiempo el desarrollo de estas pequeñas comunidades.

Por último el aspecto constructivo, de ingenierías y arquitectura es imprescindible en una tasación inmobiliaria y se debe analizar objetivamente si estamos pagando y avanzando hacia viviendas de mejor calidad física y social o si estamos avanzando a viviendas superficiales que venden una estética efímera y en muchos de los casos irresponsables pero bien valuadas por el entorno que las rodea o las comodidades que ofrecen.

BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, J. (2021). Centralizing over-the-counter markets? EconStor: Centralizing over-the-Counter Markets? Recuperado 26 de abril de 2022, de <https://www.econstor.eu/handle/10419/247419>
2. ANZALDO, Carlos, 2003, "Tendencias recientes de la urbanización", en CONAPO, Situación Demográfica en México, 2003, CONAPO, México.
3. Asilkan, O., Faqolli, A., Gerdecí, A., & Cico, B. (2012). Estimating the market values of houses in Tirana using data mining. Global Journal on Technology, <http://archives.un-pub.eu/index.php/P-ITCS/article/view/857/1082>
4. Banerji, G., y Saxena, K. (2012). Analysis of Data Mining Techniques on Real Estate. International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE), 2(3), 223-230. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.649.7414&rep=rep1&type=pdf>
5. Basogain Olabe, X. (2022). REDES NEURONALES ARTIFICIALES Y SUS APLICACIONES. Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao, EHU. https://ocw.ehu.eus/pluginfile.php/40137/mod_resource/content/1/redes_neuro/contenidos/pdf/libro-del-curso.pdf
6. Bodero-Poveda, E., Morales-Alarcón, C., Congacha-Aushay, A., & Ramos-Araujo, C. E. (2022, 28 enero). Técnicas de minería de datos para el análisis de la plusvalía inmobiliaria | Bodero-Poveda | Dominio de las Ciencias. Dominio de las Ciencias, 8(1). Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2531/5660>
7. Campuzano, P. E. (2008, junio). Urbanización y migración entre ciudades, 1995–2000: Un análisis multinivel. scielo.org. Recuperado 6 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-74252008000200009&script=sci_arttext
8. Comisión Nacional Bancaria y de Valores (CNBV). (2022). LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA VALUACIÓN BANCARIA (ANEXO 42). <https://www.cnbv.gob.mx/Anexos/Anexo%2042%20CUB.pdf>
9. Consejo Nacional de Población (CONAPO), Viramontes, R. R., Tellez Vazquez, Y., & López Ramírez, J. (2010). Tendencias de la migración interna en México en el periodo reciente. http://www.omi.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Resource/1734/1/images/5_Tendencias_de_la_migracion_interna_en_Mexico_en_el_periodo_reciente.pdf
10. Coulomb, R., y Schteingart, M. (2006). Entre el estado y el mercado/ Between the State and the Market: La vivienda en el Mexico de hoy/ Housing in Today's Mexico (Pap/Com ed.). Porrula Miguel Angel S A.
11. Daniel Glez-Peña, Anália Lourenço, Hugo López-Fernández, Miguel Reboiro-Jato, Florentino Fdez-Riverola, Web scraping technologies in an API world, Briefings in Bioinformatics, Volume 15, Issue 5, September 2014, Pages 788–797, <https://doi.org/10.1093/bib/bbt026>
12. EUROSTAT. Manual del Índice de Precios de Inmuebles Residenciales (IPIR). Serie Methodologies & Working Papers. Luxemburgo, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, 2013.
13. FOVISSSTE. (2020, 7 diciembre). "FOVISSSTE responde a una demanda social de los trabajadores", destaca el Vocal Ejecutivo Agustín Rodríguez. <https://www.gob.mx/fovisste/articulos/inicia-el-programa-reestructura-de-una-s-a-p>

- esos. Recuperado 5 de junio de 2022, de <https://www.gob.mx/fovissste/articulos/inicia-el-programa-reestructura-de-una-s-a-pesos>
14. Gonzalbo, F. E. (2015). Historia mínima del Neoliberalismo (Historias mínimas). El Colegio de México.
 15. Gray, S., & Place, J. (2003). Derivados Financieros. Derivados Financieros. Recuperado 26 de abril de 2022, de <https://www.secmca.org/DOCUMENTOS/DP/CurvasRendimiento/Bibliografia/02.pdf>
 16. Grybauskas, A., Pilinkienė, V., y Stundžienė, A. (2021). Predictive analytics using Big Data for the real estate market during the COVID-19 pandemic. *Journal of big data*, 8(1), 1-20. <https://journalofbigdata.springeropen.com/articles/10.1186/s40537-021-00476-0>
 17. Hílera, J.R. y V.J. Martínez (1995). Redes neuronales artificiales. Fundamentos, modelos y aplicaciones. Madrid: Addison-Wesley Iberoamericana.
 18. INEGI. (2020, diciembre). Encuesta Nacional de Vivienda (ENVI) 2020. Nota Técnica. (N.o 2020). https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envi/2020/doc/envi_2020_notatecnica.pdf
 19. INEGI. (2021, 16 marzo). Censo de Población y Vivienda 2020. Vivienda. Recuperado 4 de abril de 2022, de <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
 20. Infonavit. (2021). Reporte Anual de Vivienda 2021. <https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/59a7a2db-b3ca-4f99-8344-fef55a2e2e03/ReporteAnualVivienda2021.pdf?MOD=AJPERES>
 21. Instituto del Fondo Nacional de Vivienda para los Trabajadores (INFONAVIT). (2021). ENCUESTA DE NECESIDADES DE CRÉDITO Y VIVIENDA DEL INFONAVIT (Segundo Trimestre). https://portalmx.infonavit.org.mx/wps/wcm/connect/575157e5-dbd1-4c58-a4fd-daae5d4f91ad/Encuesta_Necesidades_Credito_Vivienda_2T2021.pdf?MOD=AJPERES&CID=nEiNmtY
 22. Judt, T., & Domínguez, U. B. (2012). Algo va mal. TAURUS.
 23. Kohonen, T. Self-organization and associative memory. Springer Verlag, New York, 1989.
 24. Latham, A., D. McCormack, K. McNamara y D. McNeill. 2009. Key Concepts in Urban Geography, London, Sage.
 25. López, M. E. A. (2020, 31 octubre). Automatización de web Scraping de los diarios de noticias para la empresa Isuri, San Martín de Porres. Automatización de Web Scraping de Los Diarios de Noticias Para La Empresa Isuri, San Martín de Porres. Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/48352>
 26. McDonald, R. L. (2012). Derivatives Markets (3.a ed.). Pearson Educación.
 27. Medrano, J. F. (2020). Empleo de Minería de Texto para analizar la oferta de inmuebles a partir de avisos clasificados. Recuperado 25 de abril de 2022, de https://www.researchgate.net/profile/Jose-Medrano/publication/344937835_Empleo_de_Mineria_de_Texto_para_analizar_la_oferta_de_inmuebles_a_partir_de_avisos_clasificados/links/5f99bf39299bf1b53e4ece3e/Empleo-de-Mineria-de-Texto-para-analizar-la-oferta-de-inmuebles-a-partir-de-avisos-clasificados.pdf
 28. Noriega, L. (2005, 17 noviembre). Multilayer Perceptron Tutorial. Recuperado 24 de julio de 2022, de

- <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.608.2530&rep=rep1&type=pdf>
29. Pulido, L. J. A. (2017). Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Los costos de la expansión urbana: aproximación a partir de un modelo de precios hedónicos en la Zona Metropolitana del Valle de México. Recuperado 4 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72102017000100037
 30. Real Academia de la lengua Española. (s. f.). valor | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. Recuperado 6 de abril de 2022, de <https://dle.rae.es/valor?m=form>
 31. S. Mitra y T. Acharya. Data mining: multimedia, soft computing and bioinformatics. John Wiley & Sons, 2003.
 32. Saavedra García, María Luisa, & Utrilla Armendáriz, Jorge Octavio. (2009). Evolución y análisis del mercado de derivados en México. Argumentos (México, D.F.), 22(61), 285-311. Recuperado en 26 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57952009000300012&lng=es&tlng=es.
 33. Salas Tafoya, J. M. (2007). El Modelo de Valuación Inmobiliaria en México. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo.
 34. Savio, G., Paz Collinado, M., Lana, B., Lana, R., & Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2018). Web Scraping Masivo de Alquileres de Viviendas. <https://www.cepal.org/sites/default/files/presentations/presentacion-web-scraping-masivo-alquileres-viviendas-cepal.pdf>
 35. Secretaría de Finanzas CDMX. (2013). Manual procedimientos lineamientos técnicos valuacion inmobiliaria 2013. https://www.finanzas.cdmx.gob.mx/transparencia/14/1/normatividad/manual_procedimientos_lineamientos_tecnicos_valuacion_inmobiliaria_2013_4trim_pf.pdf
 36. Sheppard, S. Applied Urban Economics. Handbook of Regional and Urban Economics. Vol. 3, 1999, pp. 1595-1635.
 37. Shinde, N., y Gawande, K. (2018, 1 octubre). Survey on predicting property price. IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. Recuperado 25 de abril de 2022, de <https://ieeexplore.ieee.org/document/8687080/>
 38. SNIIV. (2022, 31 mayo). Financiamiento - SNIIV. Financiamiento - SNIIV. Recuperado 24 de julio de 2022, de <https://sniiv.sedatu.gob.mx/Cubo/Financiamiento>
 39. Sobrino, J. (1996). Tendencias de la urbanización mexicana hacia finales del siglo. Estudios Demográficos y Urbanos, 11(1 (31)), 101-137. <http://www.jstor.org/stable/40315376>
 40. Staff, F. (2022, 20 abril). Alcanza récord intención de compra de vivienda a crédito: Infonavit. Forbes México. Recuperado 27 de abril de 2022, de <https://www.forbes.com.mx/alcanza-record-intencion-de-compra-de-vivienda-de-mexicanos-infonavit/#:%7E:text=De%20acuerdo%20a%20la%20Encuesta,primer%20trimestre%20del%20a%C3%B1o%20pasado.>
 41. Teng, W. T., Wang, L., Wang, Y., & Chang, Q. (2016). Housing price prediction using neural networks. In 2016 12th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD) (pp. 518-522). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7603227>