

CONSIDERACIONES OPERATIVAS FINANCIERAS PARA EL ANÁLISIS DE ADQUISICIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA USO INDIVIDUAL.

MBA. Ing. Rony Ignacio Rojas Cordero

rony_rojas@ice.co.cr

MBA con énfasis en Banca y Finanzas (Depende de la fecha de publicación), Ingeniero Industrial, Técnico en Comercio Internacional, Técnico Superior en Electrónica, Especialista en Administración de Proyectos.

Resumen

A nivel mundial se están haciendo esfuerzos para modificar la flota vehicular de los países a una flota operada por energías sostenibles, como lo son los vehículos eléctricos; sin embargo, no siempre los usuarios conocen cuales son las condiciones adecuadas para cambiar de un vehículo de combustión a un vehículo eléctrico. En el presente artículo se analizan las consideraciones tanto operativas como financieras, que se deben valorar para la adquisición de un vehículo eléctrico para uso individual. Para el análisis, en primera instancia se caracteriza el usuario, siendo esto determinante, porque la evaluación propuesta se basa en cómo el vehículo se adapta a las necesidades del usuario y no en como el usuario se debe adaptar al vehículo; posteriormente se analizan las condiciones operativas del vehículo eléctrico seleccionado y se comparan con la caracterización del usuario, para determinar si cumple operativamente con las necesidades; finalmente, se analiza desde un punto de vista financiero, tomando en consideración los costos iniciales y operativos, para determinar la recuperación de inversión, y si es rentable según la caracterización del usuario.

El artículo finaliza con el análisis del comportamiento operativo financiero, de un ejemplo planteado.

Palabras clave: Vehículo, eléctrico, electromovilidad, combustión, inversión, operatividad, batería.



Operational and financial considerations for the analysis of the acquisition of an electric vehicle for personal use.

Abstract

Worldwide, efforts are being made to modify the vehicle fleet in various countries to a fleet operated by sustainable energies, such as electric vehicles; however, users are not always aware of the appropriate conditions to switch from a combustion vehicle to an electric vehicle.

This article analyzes the operational and financial considerations that should be considered when purchasing an electric vehicle for personal use.

For the analysis, the user is first characterized, with this being a decisive factor, as the proposed evaluation is based on how the vehicle adapts to the user's needs and not on how the user should adapt to the vehicle; then the operating conditions of the selected electric vehicle are analyzed and compared with the user's characterization, to determine whether it meets the operational needs; finally, analysis is performed from a financial point of view, taking into consideration the initial and operating costs, to determine the recovery of investment and whether it is profitable according to the user's characterization.

The article concludes with an analysis of an example of the financial operating behavior for the acquisition of a new vehicle.

Key words: *Vehicle, electric, battery, electro mobility, combustion, investment, operability.*

Introducción

A nivel mundial, se presenta una tendencia a cambiar la flota vehicular; de flotas operadas por hidrocarburos a flotas operadas por energías sostenibles con el medio ambiente.

Costa Rica en el Plan Nacional de descarbonización, presenta como meta principal que “para el año 2050, se cuente con una economía descarbonizada” (Plan Nacional de Descarbonización 2018 - 2050. 2018. p.1)

Con el propósito de lograr estas metas, el gobierno de la república firmó la ley 9518 “Incentivos y promoción para el transporte eléctrico”; con el cual, se dictan las normas a aplicar para que la adquisición de los vehículos eléctricos sea más atractiva para los compradores. Entre los beneficios que se pueden identificar en la ley están:

1. Exoneraciones de impuestos tanto del vehículo, repuestos y equipo (ensamble y producción

de vehículos eléctricos).

2. Eliminación de la restricción vehicular.
3. Exoneración del pago de parquímetros y asignación de parquímetros azules (especiales para vehículos eléctricos)

Estos beneficios tienen un período de aplicabilidad desde el momento que se adquiere el vehículo.

Aunque a nivel mundial se está experimentando con tecnologías híbridas (tecnologías complementadas con hidrocarburos), gas e hidrógeno, la tendencia mayor son los vehículos 100% eléctricos que, para Costa Rica no ha sido la excepción; ya que, a junio del 2022 contaba con más de 3300 vehículos eléctricos en su flota vehicular (MINAE, 2022)

Esto ha incentivado de una forma importante la incorporación de modelos 100% eléctricos en las agencias tradicionales, y también ha empezado a crecer el mercado con agencias enfocadas en la electro-

movilidad; lo cual, complementado con precios muy altos en los combustibles fósiles, ha incrementado el interés en los vehículos eléctricos.

Basado en lo anterior, se da la pregunta: ¿Cuáles son las condiciones para adquirir un vehículo eléctrico?

Para dar respuesta se debe valorar desde dos perspectivas, la operativa y la financiera, visto desde las necesidades del usuario.

Metodología.

La metodología propuesta, es realizar un análisis comparativo entre la adquisición de un vehículo eléctrico y un vehículo a combustión interna (Para este estudio se considerará un vehículo nuevo), analizando:

1. Características del usuario.
2. Características operativas del vehículo.
3. Costos operativos de los vehículos.
4. Método financiero de adquisición.

5. Recuperación financiera.

6. Probabilidad de satisfacción.

Características del usuario

Cada posible comprador tiene características distintas tanto de uso como de posibilidades financieras para adquirir un vehículo; por lo tanto, lo primero que se recomienda realizar es caracterizar el usuario a analizar.

Entre la información indispensable a conocer se encuentra:

1. Kilometraje promedio mensual.
2. Máximo kilometraje diario.
3. Máximo kilometraje en giras específicas.
4. Tiempo disponible para cargar la batería en períodos pasivos (tiempo prolongado de descanso).
5. Tiempo disponible para cargar la batería en períodos activos (tiempo limitado durante el día).
6. Lugares que se frecuentan.
7. Proveedor del servicio eléctrico.
8. Características de adquisición.

Características operativas

Como toda adquisición de vehículo

existen características que se deben valorar, como lo son las relacionadas al motor (potencia, torque), comodidad, estéticas y sistemas mecánicos. Sin embargo, se analizarían independientemente de la tecnología a utilizar; pero, donde sí se cuenta con una diferencia, es con la limitante de autonomía que presentan los vehículos eléctricos; siendo el punto, donde se enfocará el análisis operativo del vehículo.

Al analizar la batería eléctrica lo primero que se cuestiona es el tiempo que durará para sustituirse. Sin embargo, la tecnología de la batería, ha llevado a que los vehículos normalmente ofrecidos en Costa Rica, cuenten con baterías en rangos cercanos a los 3000 ciclos de carga y descarga, obteniendo con esto una vida útil de más de 15 años (Considerando tres cargas semanales); lo cual, le ha dado la confianza a los vendedores de los vehículos, de ofrecer garantías por separado para el vehículo y la batería; encontrando garantías para las baterías, hasta de ocho años o 500,000 kilómetros, dando mucha

confianza a los futuros compradores.

Para analizar la autonomía del vehículo, se considera que lo primero que se debe valorar es la capacidad de la batería en kilovatios hora (KWH) y la autonomía nominal, para lo cual se recomienda utilizar el protocolo WLTP.

La autonomía mostrada por los vendedores de vehículos es nominal, sin embargo, Costa Rica cuenta con condiciones de operación muy agresivas ya sea por pendientes importantes, o tránsito denso; por lo que se recomienda utilizar un factor de uso entre un 60 y 80% de la autonomía WLTP.

Una vez obtenida la autonomía, se analizará la misma según las condiciones de usuario.

Frecuencia de carga.

Para obtener la frecuencia de carga se deberá definir según el kilometraje mensual que espera recorrer en promedio el usuario, definiéndose con la siguiente fórmula.

$$FC = \frac{A_E}{KPM}$$

Donde,

FC: Frecuencia de carga.

AE: Autonomía esperada.

KPM: Kilometraje promedio mensual.

El resultado esperado se dará en días de carga.

Fuente: Rojas. (2022)

Tiempo aproximado para inicio de desgaste de la batería.

Al contar con la frecuencia de carga se podrá conocer el tiempo aproximado a iniciar el desgaste de la batería utilizando la siguiente fórmula:

$$TDB = \frac{(CCB \times 80\%)}{\left(\frac{365}{FC}\right)}$$

Donde;

TDB: Tiempo deterioro de la batería.

CCB: Ciclos de carga de la batería.

80%: Factor teórico de los CCB, en el que se inicia el desgaste de la batería.

365: Días del año (Utilizado para obtener la cantidad de CCB anuales).

FC: Frecuencia de carga.

Fuente: Blanco (2022)

Tiempo para carga de la batería

Los tiempos para carga de la batería dependerán del cargador que se

utilice y la potencia con la que se cuente en este cargador: teniendo tres principalmente:

1. L1: Cargador tipo L1 (110 V AC).
2. L2: Cargador tipo L2 (220 V AC).
3. L3: Cargador tipo L3 (1000 V DC).

Las potencias

$$TC_{L1} = \frac{CB}{VP_{L1}} = H$$

$$TC_{L2} = \frac{CB}{VP_{L2}} = H$$

$$TC_{L3} = \frac{CB}{VP_{L3}} = H$$

Donde,

L1: Cargador tipo L1 (110 V AC).

L2: Cargador tipo L2 (220 V AC).

L3: Cargador tipo L3 (1000 V DC).

TC: Tiempo de carga.

CB: Capacidad de batería (KWH).

VP: Variable potencia de los cargadores KW.

H: Horas (Unidad de Salida).

Fuente: Sojo. (2022)

Por un tema principalmente de precio en dispositivos de carga, la posibilidad

de cargar el vehículo en la casa de habitación son los cargadores L1 y L2; por lo tanto, se deberá evaluar las condiciones de operación; para determinar el cargador requerido, utilizando las siguientes fórmulas:

$$CP_{L1} = \frac{TC_{L1}}{TCP}$$

$$CP_{L2} = \frac{TC_{L2}}{TCP}$$

Donde,

CP_{L1} : Capacidad de carga de la batería en pasivo utilizando cargador tipo L1.

CP_{L2} : Capacidad de carga de la batería en pasivo utilizando cargador tipo L2.

TC_{L1} : Tiempo de carga de la batería utilizando cargador tipo L1.

TC_{L2} : Tiempo de carga de la batería utilizando cargador tipo L2.

TCP: Tiempo de carga en pasivo.

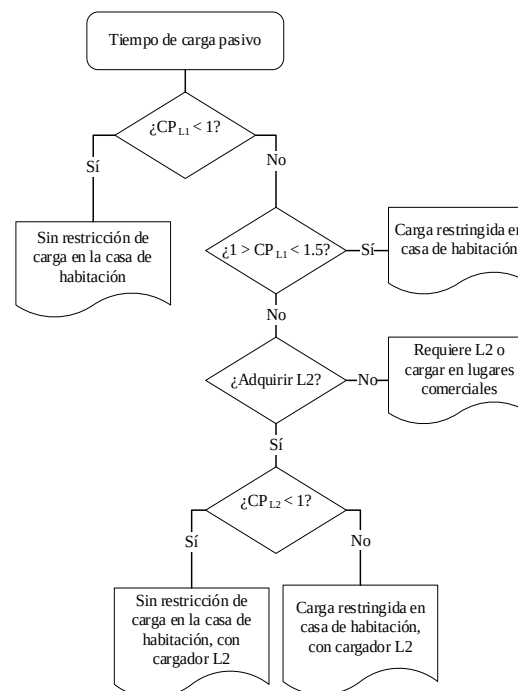
Pasivo, refiere a tiempo amplio de descanso.

Realizado por: Rojas, R. 2022

Teniendo la evaluación de las fórmulas anteriores, se realizará un proceso de definición del tipo de cargador a tener que utilizar, según el

Diagrama 1.

Diagrama 1. Restricción de tiempo por tipo de cargador.



Fuente: Rojas. (2022)

Según la evaluación realizada se determinará si el usuario podrá realizar la carga de la batería en la casa de habitación sin realizar modificaciones o realizando modificaciones, las cuales podrían tener un precio aproximado de US \$1,000.00, ya que se deberá adquirir e instalar un cargador tipo L2 en la casa de habitación.

De igual forma se podrán realizar cargas en sitios públicos; sin embargo, normalmente son sitios que restringen el tiempo, por lo que no se podría completar la carga del vehículo.

Al conocer las características del usuario, la frecuencia de carga, tiempo de carga por tipo de cargador y el cargador adecuado; se tendrán tres indicadores para la operatividad del vehículo eléctrico, a saber:

1. Años aproximados para iniciar el desgaste de la batería.
2. Tiempo medio entre cargas del vehículo (Datos aproximado).
3. Cargador adecuado para la casa de habitación.
4. Posibilidad de garantizar el día operativo, sin tener problemas de carga en la batería.

Como parte de la operatividad, es importante que el usuario considere los sitios que frecuentará, para que logre determinar si actualmente se encuentra a disposición un sitio de carga rápida, la cual será la que le

brinde la autonomía al usuario para resolver en caso de que la batería se quede sin carga.

Costos operativos de los vehículos

Con la finalidad de utilizar los costos operativos de los vehículos, se requiere conocer el comportamiento por kilómetro.

Costo operativo para el vehículo eléctrico.

Para determinar los costos de operación de los vehículos eléctricos, se considera cuatro principales rubros, para los cuales se evaluará el costo por kilómetro, (no se consideran costos que se den ya sea en un vehículo eléctrico o de combustión, ya que de igual forma se debe realizar el gasto, tales como llantas, rótulas, compensadores, entre otros):

1. Costo por factura eléctrica.
2. Costo de mantenimiento.
3. Costo por seguros.
4. Costos por derecho de circulación.

Costo por factura eléctrica

Para determinar costo por factura

eléctrica se evaluará dos rubros, el costo por cargar la batería según el distribuidor y la autonomía esperada, como se puede notar en la siguiente fórmula.

$$CFE = \frac{(CB \times CDE)}{A_E}$$

Donde,

CFE: Costo factura eléctrica.

CB: Capacidad de batería (KWH).

CDE: Costo distribuidor de electricidad (Se debe considerar si es diurno o nocturno).

A_E = Autonomía esperada.

Fuente: Rojas. (2022)

Costo por mantenimiento

El costo por mantenimiento se está considerando en el plan que ofrecen los proveedores de los vehículos, el cual siempre está estimado en un costo por cada cantidad de kilómetros, por lo tanto, se aplicará la siguiente fórmula.

$$CM = \frac{CMP}{KMP}$$

Donde,

CM: Costo de mantenimiento.

CMP: Costo mantenimiento preventivo.

KMP: Kilometraje para mantenimiento preventivo.

Fuente: Rojas. (2022)

Finalmente, se tendrá los datos en costo por kilómetro.

Costo por seguro

El costo por seguro será un monto fijo por millón del costo del vehículo por año, el cual, dependerá directamente del costo fiscal, de la aseguradora, del comportamiento y edad del chofer, del tipo de seguro que se tome (individual, colectivo), entre otros.

La depreciación, según el Ministerio de Hacienda, será de un 10% por cada año; por lo tanto, se considerará esa depreciación anual.

En la siguiente fórmula se indicará el método para calcular el costo por seguro.

$$CS = \frac{\left(\left(\frac{CFV_a}{1 \times 10^6} \right) \times VFS \right)}{(KPM \times 12)}$$

Donde,

CS: Costo del seguro.

CFV_a: Costo fiscal del vehículo del año en evaluación.

VFS: Variable factor de seguro.

KPM: Kilometraje promedio mensual.

Fuente: Rojas. (2022)

Costo por derecho de circulación

El costo por derecho de circulación, al igual que el seguro, es un monto anual. Para este, de igual forma, se considera sus montos habituales, así como el impuesto a la propiedad del vehículo, que también es calculado según el costo fiscal. Este costo es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$CDC = \frac{CDC_a}{(KPM \times 12)}$$

Donde,

CDC: Costo por derecho de circulación.

CDC_a: Costo del derecho de circulación del año en evaluación.

KPM: Kilometraje promedio mensual.

Fuente: Rojas. (2022)

Es importante aclarar que para los vehículos eléctricos se tiene el

beneficio de que se aplica un descuento por el impuesto a la propiedad del vehículo, en el cual se exonera en un 100% el año de compra nuevo y va generando una exoneración de un 20% menos cada año, hasta el sexto año que ya no tendría exoneración.

Costo de operación del vehículo eléctrico

Para determinar finalmente el costo de operación del vehículo eléctrico, se debe aplicar la sumatoria de los rubros que componen el costo de operación, como se puede ver en la siguiente fórmula.

$$COVE = CFE + CM + CS + CDC$$

Donde,

COVE: Costo de operación del vehículo eléctrico por kilómetro.

Es importante aclarar que al tener dos costos que son fijos en el COVE, el costo finalmente dependerá directamente del KPM

Fuente: Rojas. (2022)

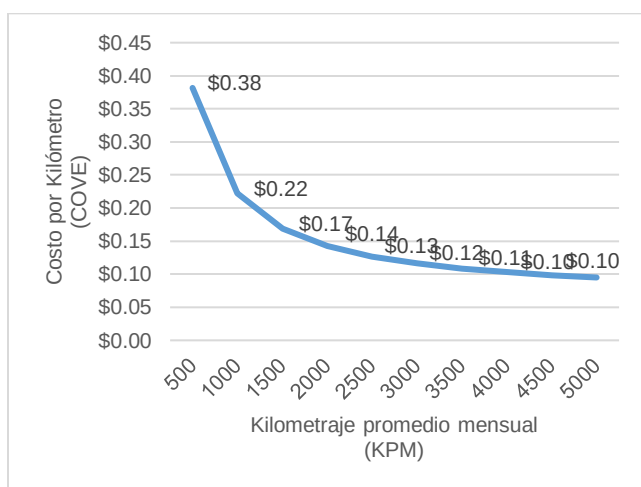
Para ilustrar lo anterior mencionado,

se presenta el siguiente ejemplo:

1. CFE = \$0,05 / km.
2. CM = \$0,02 / km.
3. CS = \$1.335,82 / año.
4. CDC = \$574,63 / año.
5. KPM = Variable aumentando 500 km.

debido a esto, cada situación de cada usuario tendrá un costo de operación muy distinto.

Gráfico 1. Costo de operación por kilómetro (COVE), según el KPM



Fuente: Rojas. (2022)

Como se puede notar en el Gráfico 1, dependiendo del kilometraje promedio mensual, el costo operativo por kilómetro en el ejemplo expuesto puede variar entre los \$0.38 y los \$0.10, que significa una diferencia para este ejemplo de hasta 3.8 veces, que será muy significativo en el análisis de recuperación financiera;

Costo operativo para el vehículo a combustión.

Para el caso de los vehículos a combustión, de igual forma se tomará en consideración cuatro aspectos, a saber

1. Costo por combustible.
2. Costo de mantenimiento.
3. Costo por seguros.
4. Costos por derecho de circulación.

Costo por combustible

En el caso de los vehículos a combustión, solo cambia un cálculo que es el costo por combustible, los otros costos tienen un comportamiento igual que el del vehículo eléctrico; por lo tanto, no será considerado en este ítem.

El rendimiento de combustible será

valorado, según la siguiente fórmula:

$$CC = \frac{VCLC}{RC}$$

Donde,

CC: Costo por combustible.

VCLC: Variable costo por litro de combustible.

RC: Rendimiento de combustible (Km / L).

El dato final obtenido es en costo por kilómetro.

Fuente: Rojas. (2022)

Costo operativo del vehículo a combustión.

Para conocer el costo operativo del vehículo a combustión se definirá aplicando la Fórmula 19.

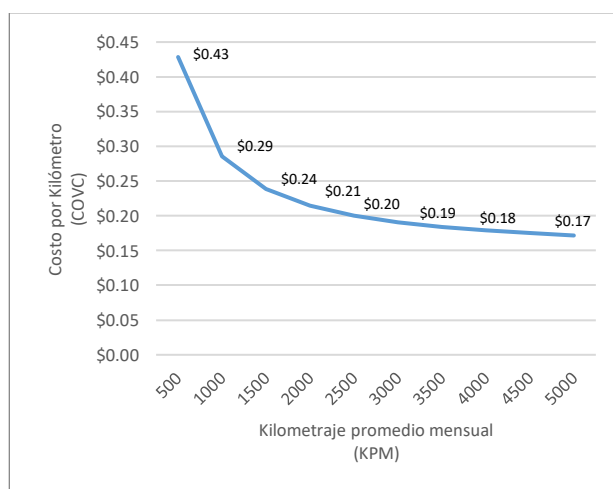
$$COVC = CC + CM + CS + CDC$$

Fuente: Rojas. (2022)

Para el caso del vehículo a combustión tendrá un comportamiento igual que el del vehículo eléctrico; en el cual, se ajustan los datos del ejemplo anterior, teniendo, el siguiente comportamiento:

1. CC = \$0,12 / km.
2. CM = \$0,03 / km.
3. CS = \$798,51 / año.
4. CDC = \$913,43 / año.
5. KPM = Variable aumentando 500 km.

Gráfico 2. Costo de operación por kilómetro (COVC), según el KPM



Fuente: Rojas. (2022)

Como se puede notar en el Gráfico 2, el costo por kilómetro para el ejemplo expuesto tendrá una variación de hasta 2.5 veces, dependiendo del kilometraje promedio mensual (KPM).

Adicionalmente, tal como se ha explicado anteriormente, tendrá tantas variaciones, como afectaciones en las variables existan, así como el año en evaluación, ya que tanto el seguro como el marchamo irán disminuyendo cada año (bajo comportamiento normal).

Emisiones de vehículo de combustión.

Aunque las emisiones no significan un costo, ya que de momento el gobierno de Costa Rica no las está cobrando, es importante conocer cuántas emisiones se generan por año debido al uso del vehículo a combustión; por lo tanto, se utilizará la siguiente fórmula.

$$E = \frac{EPK_{VC} \times KPM \times 12}{1 \times 10^6}$$

Donde,

E: Emisiones de CO₂ / año.

EPK_{VC}: Emisiones por kilómetro del vehículo a combustión (gCO₂ / km).

KPM: Kilometraje promedio mensual.

Se obtendrá la cantidad de toneladas

de CO₂ que se emiten anualmente por el uso del vehículo a combustión.

Fuente: Rojas. (2022)

Mantenimiento mayor en vehículos de combustión.

Para analizar el mantenimiento mayor de los vehículos a combustión, se tomará en consideración el dato experto, el cual es de 250 mil kilómetros (Villalobos, 2022).

Para determinar el tiempo se considerará el kilometraje promedio mensual y, con esto se obtendrá el dato aproximado de los años en que va a requerir un mantenimiento.

Es importante aclarar que el dato será aproximado, ya que dependerá de muchos factores y calidad del mantenimiento realizado al vehículo de combustión.

$$MM_c = \frac{250000}{(KPM \times 12)}$$

Donde,

MM_c: Mantenimiento mayor de vehículos de combustión.

250000: Constante de tiempo

aproximado para mantenimiento mayor.

KPM: Kilometraje promedio mensual.

12: Meses del año.

Fuente: Rojas. (2022)

Método financiero de adquisición

Parte importante para la consideración financiera es determinar el método de adquisición del vehículo, para el que existe una gran cantidad de productos financieros; sin embargo, para este ejercicio se determinarán solo dos tipos:

1. Pago de contado.
2. Crédito bancario.

Para el crédito bancario, se deberá tomar en consideración que existen los préstamos tradicionales para la adquisición de los vehículos y los préstamos verdes que están enfocados en otorgar mejores condiciones para los vehículos que contribuyan con el medio ambiente.

Para ambos casos se trabajará en condiciones de tasas fijas durante el plazo del préstamo; sin embargo, es muy habitual conseguir condiciones

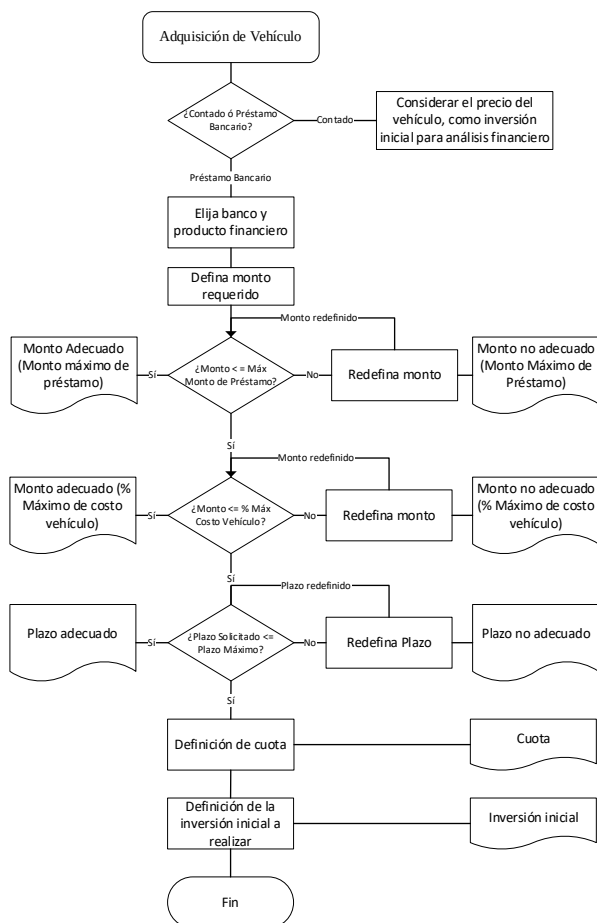
de tasas variables, o de productos en los cuales se incorpora la venta tanto del vehículo, mantenimiento y producto financiero en una misma transacción; lo cual, son soluciones a la medida del vendedor que se deben evaluar de una forma individual.

Los bancos o cooperativas tienen diferentes restricciones a considerar, entre las que se encuentran:

1. Plazo máximo del préstamo.
2. Monto máximo para prestar.
3. Porcentaje máximo que prestar del precio del vehículo.

Para lo anterior se deberá realizar una valoración según el diagrama 2.

Diagrama 2. Proceso bancario.



Fuente: Rojas. (2022)

Una vez verificadas los filtros iniciales, definidos el producto financiero, monto a solicitar y plazo; se deberá realizar el cálculo de tarifa mensual para el cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$CPB = \left(\frac{MS}{\frac{1 - (1 + TI)^{-PS}}{TI}} \right)$$

Donde,

CPB: Cuota préstamo bancario (mensual).

TI: Tasa de interés (mensual).

MS: Monto solicitado.

PS: Plazo solicitado (meses).

Fuente: Formulas y cálculos de cuota nivelada BAC Credomatic.

El monto obtenido será la cuota mensual fija para pagar. Esta cuota está valorada en dos rubros, la amortización y el interés a cancelar durante cada mes; por lo tanto, se utilizarán las siguientes fórmulas:

Monto por interés mensual

$$I = SP \times TI$$

Donde,

I: Intereses a cancelar.

SP: Saldo del principal.

TI: Tasa de interés (mensual).

Fuente: Ross, Westerfield y Jaffe. (2012)

Monto de amortización

$$MA = CPB - I$$

MA: Monto amortización

Obtenido de: Finanzas corporativas (9.a ed.)

(2012), en el cual Ross, S., Westerfield, R. y Jaffe, J.

Saldo del principal

$$SP = SP_{MA} - MA_{MA}$$

Donde,

SP: Saldo del principal.

SP_{MA}: Saldo del principal mes anterior.

MA_{MA}: Monto amortización del mes anterior.

Fuente: Ross, Westerfield y Jaffe. (2012)

Análisis de recuperación de inversión

Para establecer la recuperación de inversión se deberán definir dos elementos básicos:

1. Inversión inicial.
2. Flujo de caja

Inversión inicial.

Para definir el monto de la inversión inicial, lo primero que se debe establecer es el método financiero de adquisición; por lo tanto, en caso de pago de contado, se tomará como inversión inicial el diferencial de precio entre el vehículo eléctrico y el vehículo

a combustión; tal como se puede ver en la siguiente fórmula:

$$MII_C = P_{VE} - P_{VC}$$

Donde,

MIIC: Monto inversión inicial de contado.

P_{VE}: Precio vehículo eléctrico.

P_{VC}: Precio vehículo combustión.

Fuente: Rojas. (2022)

Para el caso de los vehículos que son adquiridos por medio de préstamo, se deberá considerar el monto total del préstamo y la comisión bancaria, definido con las siguientes fórmulas:

Comisión del banco

$$MCB = MS \times \%CB$$

Donde,

MCB: Monto comisión del banco.

MS: Monto solicitado.

%CB: Porcentaje de comisión del banco.

Fuente: Rojas. (2022)

Inversión Inicial

$$MII_P = PV + MCB - MS$$

Donde,

MIIP: Monto inversión inicial con préstamo.

PV: Precio del vehículo.

MCB: Monto comisión del banco.

MS: Monto solicitado para el préstamo.

Fuente: Rojas. (2022)

Flujos de Caja.

Para obtener los flujos de caja se estimarán los costos de operación de la forma en que se genera el gasto, o sea, si el gasto se genera una vez al año, de esta forma se representarán, a saber:

1. Derecho de circulación: el costo se identifica cada inicio de año el primer mes.
2. Seguro: el costo se identificará cada inicio de año el primer mes.
3. Mantenimiento: costo según el kilometraje promedio mensual (KPM).
4. Factura eléctrica o combustible:

costo según el kilometraje promedio mensual (KPM).

Para los costos de marchamo y seguros, se calcularán tomando en consideración:

1. Precio fiscal del vehículo, considerando las depreciaciones anuales.
2. Ley 9518, la cual presenta incentivos para el derecho de circulación de los vehículos eléctricos.
3. Que no existirá afectaciones sobre los cálculos iniciales, entiéndase (Partes en el caso de marchamos, o afectación de usuario para el caso de los seguros).

Tanto al primer mes de cada año, como a todos los posteriores, se le considerará el monto de operación normal, basado principalmente en electricidad y mantenimiento; a estos costos se le considerará año a año un aumento por inflación, según la variable considerada inicialmente; siendo así, se tomará en consideración las siguientes fórmulas para definir los costos de operación

por mes:

Vehículo a combustión

$$CO_{M1} = CDC_a + \left(\left(\frac{CFV_a}{1 \times 10^6} \right) \times VFS \right) + \left(((CC + CM)x(1 + VIP)^n) * KPM \right)$$

CO_{M1}: Costo de operación mes uno.

CFV_a: Costo fiscal del vehículo del año en evaluación.

CDC_a: Costo del derecho de circulación del año en evaluación.

VFS: Variable factor de seguro.

CM: Costo de mantenimiento.

CC: Costo por combustible (F18).

CFE: Costo factura eléctrica (F13).

VIP: Variable inflación proyectada.

n: Número de año que se está evaluando la inflación.

KPM: Kilometraje promedio mensual.

Fuente: Rojas. (2022)

Para el caso de los demás meses se utilizará la siguiente fórmula:

$$CO_{MX} = \left(((CC + CM)x(1 + VIP)^n) * KPM \right)$$

Donde,

CO_{MX}: Costo de operación mes distinto al primero.

Vehículo Eléctrico

Para el caso de los vehículos eléctricos, aplicaría la misma fórmula, solamente sustituyendo el costo de combustible por el costo de factura eléctrica; como se puede notar en las siguientes fórmulas:

$$CO_{M1} = CDC_a + \left(\left(\frac{CFV_a}{1 \times 10^6} \right) \times VFS \right) + \left(((CFE + CM)x(1 + VIP)^n) * KPM \right)$$

$$CO_{MX} = \left(((CFE + CM)x(1 + VIP)^n) * KPM \right)$$

Donde,

CFE: Costo de factura eléctrica.

Fuente: Rojas. (2022)

Flujo de Caja

Para obtener el flujo de caja se aplicará la siguiente fórmula:

$$FCm = COEm - COCm$$

Donde,

FCm: Flujo de caja del mes.

COEm: Costo operación del vehículo eléctrico.

COCm: Costo operación del vehículo a combustión.

Fuente: Rojas. (2022)

Inversión inicial para análisis

Para obtener la inversión inicial se aplicará la siguiente fórmula:

$$MII_A = MII_E - MII_C$$

MII_A : Monto inversión inicial para análisis.

MII_E : Monto inversión inicial eléctrico.

MII_C : Monto inversión inicial combustión.

Fuente: Rojas. (2022)

Valor actual neto

Para obtener el valor actual neto, se trabajará mediante la siguiente fórmula

$$VAN = -MII_A + \sum_{i=1}^n \frac{FC_m}{(1 + VTD)^i} = 0$$

Donde,

VTD: Variable tasa de descuento.

i: Mes en evaluación.

Fuente: Vaca y Guerrero. (2019)

Con este dato, se tendrá finalmente el resultado de la evaluación financiera proyectada.

Probabilidad de satisfacción

Para definir la probabilidad de satisfacción, se realiza mediante una

evaluación de los siguientes elementos:

1. Satisfacción ambiental.
2. Autonomía.
3. Capacidad para realizar las cargas necesarias de la batería.
4. Tiempo de Mantenimiento mayor.
5. Satisfacción financiera.

Para poder valorar lo referente a la probabilidad de satisfacción se definirá una tabla con un puntaje seleccionado y con respecto al mismo se definirá un resultado final. Es importante aclarar que esta es una recomendación de puntajes; sin embargo, dependerá de cada usuario el valor que se le otorgue al mismo.

Tabla1. Evaluación de probabilidad de satisfacción

	>= 5 días	Entre 3 y 5	Entre 2 y 3	Diario	Peso	Resultado
Autonomía	5	4	3	1	25	
	<= Ventana	Ventana + 5%	Ventana + 10%	> Ventana + 10%		
Tiempo de Carga	5	4	3	1	25%	
	3 T Préstamo	2 T Préstamo	T Préstamo	80% T Préstamo		
Tiempo de mantenimiento mayor	5	4	3	1	10%	
	< 75% T Préstamo	T Préstamo	> T Préstamo	Sin Punto Equilibrio		
Satisfacción financiera	5	4	2	0	40%	
Satisfacción ambiental					X%	

Evaluación Final

Fuente: Rojas. (2022)

Para el peso de satisfacción ambiental se deberá definir la importancia que el usuario le defina a la misma, y se aplicará la siguiente fórmula:

$$PSA = \frac{IAU}{5} \times 25\%$$

Donde,

PSA: Peso satisfacción ambiental.

IAU: Importancia ambiental del usuario.

Fuente: Rojas. (2022)

Para definir el peso del restante de los rubros se utilizará la siguiente fórmula:

$$PRS = \left(\frac{VRS}{25\%} \times 20\% \right) + \left(\frac{20\% - PSA}{4} \right)$$

Donde,

PRS: Peso por rubro de satisfacción a evaluar.

VRS: Variable rubro de satisfacción a evaluar.

Fuente: Rojas. (2022)

Puntaje de probabilidad de satisfacción

El puntaje de satisfacción se definirá

según la Tabla 1; pero, el porcentaje asignado se definirá según la siguiente fórmula (excepto la satisfacción ambiental que en todo caso tendrá el puntaje definido inicialmente)

$$SR = \frac{PS}{5} \times PRS$$

Donde,

SR: Satisfacción por rubro.

PS: Puntaje de satisfacción (según Tabla 1).

Fuente: Rojas. (2022)

La sumatoria de los rubros de satisfacción indicará la probabilidad de satisfacción que podría tener el usuario al decidirse por un vehículo eléctrico en lugar de un vehículo a combustión.

Resultados y discusión.

Para analizar la evaluación de condiciones, se realizará un ejemplo de una adquisición de un vehículo tipo sedán; para que el que se tendrán las siguientes características:

Caracterización de usuario:

- | | |
|--|--------------------------------------|
| 1. Kilometraje promedio mensual:
1700 | 3. Tasa de interés: 5.25% |
| 2. Kilometraje máximo diario: 80 | 4. Tipo de tasa: fija. |
| 3. Kilometraje de gira: 350 | 5. Comisión: 0% |
| 4. Tiempo de carga en pasivo: 8 horas. | 6. Porcentaje de financiamiento: 85% |
| 5. Proveedor eléctrico: ICE | 7. Plazo requerido: 8 años. |
| | 8. Prima estimada: US \$7,000.00. |

Datos del vehículo eléctrico:

- Precio: US \$40,000.00.
- Costo de mantenimiento: US \$120.00 cada 10,000 kilómetros.
- Autonomía WLTP: 380 km.
- Capacidad de la batería 40 KWH.
- Ciclos de carga y descarga: 3000.

Datos del vehículo a combustión:

- Precio: US \$25,000.00.
- Costo de mantenimiento: US \$230.00 cada 10,000 kilómetros.
- Rendimiento combustible: 13.02 Km/L
- Emisiones 120 gCO₂/km

Financiamiento vehículo eléctrico:

- Tipo: Préstamo verde
- Moneda: dólares

Financiamiento vehículo combustión:

- Tipo: Normal
- Moneda: dólares
- Tasa de interés: 5.70%
- Tipo de tasa: fija.
- Comisión: 3%
- Porcentaje de financiamiento: 85%
- Plazo requerido: 8 años.
- Prima estimada: US \$7,000.00

Variables para considerar:

- Tipo de cambio: ₡617.32 / \$
- Factor de autonomía: 70%
- Potencia del cargador L1: 1.7 KW
- Potencia del cargador L1: 7.7 KW
- Potencia del cargador L1: 50 KW (corriente directa)
- Tarifa eléctrica ICE: ₡104.16 / KWH

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 7. Inflación proyectada: 7.5% | Tiempo necesario para cargar la |
| 8. Tasa de descuento: 10% | batería de 0 a 100%: |
| 9. Precio de combustible año 1: | 1. L1: 23.53 horas. |
| ¢925.23 / L | 2. L2: 5.19 horas. |
| | 3. L3: 0.8 horas. |

Referencias para el ejercicio.

1. Tipo de cambio de venta del Banco Central de Costa Rica para el 15/11/2022.
2. Tarifa eléctrica tipo residencial para un consumo mensual de 300 KWH, para el ICE el 14/11/2022.
3. Inflación dato interanual a octubre del 2022, según el Informe de Coyuntura Económica de Costa Rica.
4. Precio de combustible, tomado como el promedio anual del año 2022, según la Refinadora Costarricense de Petróleo.
5. Cálculos realizados por medio del modelo operativo financiero para el análisis de adquisición de vehículos eléctricos (MOFAVE).

Según los datos evaluados se realiza el ejercicio mediante el MOFAVE, obteniendo los siguientes resultados.

Por lo anterior, considerando los datos del ejercicio, al usuario no le bastará con un cargador L1, sino que deberá considerar sus cargas con un cargador L2, para lo cual, considerando tenerlo en la casa de habitación deberá incurrir en un gasto aproximado de US \$1,000.00.

En caso de requerir cargarlo con un cargador rápido durante el día, le bastará menos de 50 minutos, para cargar la batería de 0 a 100%.

Autonomía:

La batería tendrá una autonomía aproximada de 266 km.

Se tendrá la autonomía necesaria para un día normal de trabajo.

Para giras extensas, se deberá recurrir al menos a un sitio de carga.

En condiciones normales de autonomía el vehículo se deberá cargar cada 4 días.

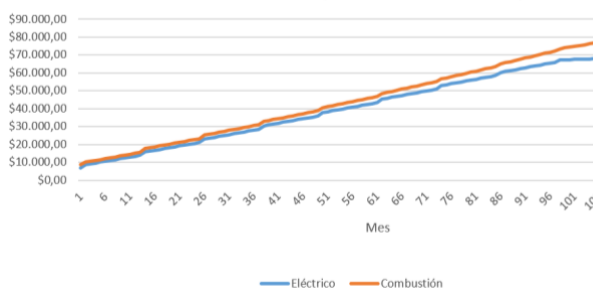
La batería tendrá una vida aproximada de más de 30 años.

Recuperación de inversión

Con adquisición mediante crédito bancario:

Al final de los 8 años, si se decide adquirir el vehículo eléctrico en lugar del vehículo a combustión, se estaría logrando un beneficio económico de US \$4.397.48, con una probabilidad de satisfacción de un 96%, teniendo gasto acumulado durante los 8 años del crédito, según se muestra en el gráfico 3.

Gráfico 3. Gasto acumulado al adquirir un vehículo eléctrico vs combustión con crédito bancario.



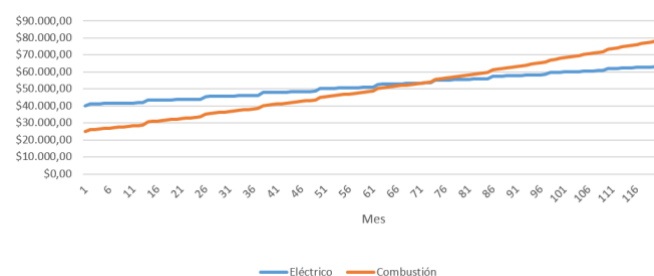
Fuente: Rojas. (2022)

Con adquisición al contado:

Considerando una recuperación de inversión a 8 años, se tendría una pérdida de US -\$258.62, con una probabilidad de satisfacción de un 77%, teniendo un gasto acumulado

durante los 8 años de evaluación, según se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 4. Gasto acumulado al adquirir un vehículo eléctrico vs combustión, adquiriendo al contado.



Fuente: Rojas. (2022)

Tal como se puede ver en los resultados anteriores, se considera que operativamente el vehículo eléctrico cumple con las características del usuario ejemplo, siempre y cuando instale en la casa de habitación un cargador tipo L2; y, financieramente se considera que, si el vehículo es adquirido por medio de crédito bancario, tiene un panorama optimista para la compra; pero en caso de compra de contado considerando un análisis a 8 años, el panorama es pesimista para la inversión.

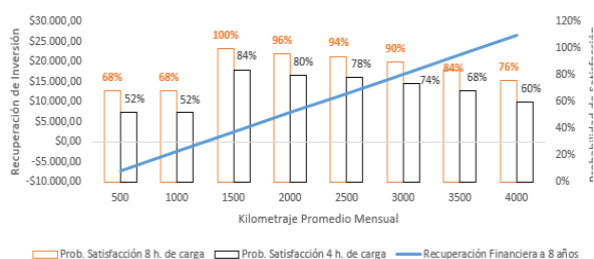
Por lo anterior, y considerando la probabilidad de satisfacción, se

evidencia que la inversión del ejemplo sería recomendable siempre y cuando se realice la inversión financiada mediante un crédito bancario.

Debido a que cada usuario, tiene características independientes, se realizará un ejercicio para reflejar el comportamiento que se tendría, cambiando únicamente el kilometraje promedio mensual y modificando para todos los casos una variable básica de operatividad como lo sería tiempo para carga en pasivo; el cual, se calcularía en ocho y cuatro horas.

Se iniciará analizando el comportamiento cuando se adquiere los vehículos por medio de crédito bancario.

Gráfico 5. *Comportamiento recuperación financiera vs satisfacción, adquiriendo el vehículo con crédito bancario.*



Fuente: Rojas. (2022)

Como se puede notar en el Gráfico 5, al considerar adquirir el vehículo eléctrico con un kilometraje promedio mensual menor o igual a 1000 kilómetros, financieramente no sería rentable, por lo tanto, la probabilidad de satisfacción es muy baja, ya sea considerando tanto, las ocho como las cuatro horas de carga.

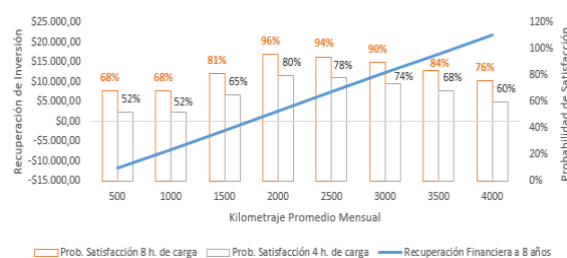
La condición más adecuada de inversión con crédito bancario se determina, cuando el usuario tiene un kilometraje promedio mensual de 1500 kilómetros, ya que se tiene una condición financiera positiva y cuenta con la mejor probabilidad de satisfacción.

Con kilometrajes promedios mensuales superiores a los 1500 kilómetros, tendrá una recuperación de inversión cada vez más positiva; sin embargo, la probabilidad de satisfacción va disminuyendo debido a que la autonomía, la carga de la batería y el tiempo para un mantenimiento mayor se ve más comprometido.

El diferencial que existe en la probabilidad de satisfacción modificando solamente el tiempo para carga, refleja lo sensible que es el ejercicio para cada usuario.

Para complementar el ejercicio, se realizará el mismo análisis considerando el pago de los vehículos de contado, teniendo los siguientes resultados:

Gráfico 6. *Comportamiento recuperación financiera vs satisfacción, adquiriendo el vehículo de contado.*



Fuente: Rojas. (2022)

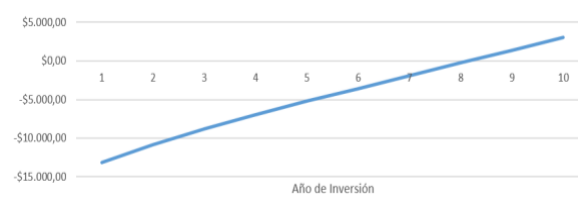
Como se puede notar en el Gráfico 6, si se adquiere el vehículo de contado, para que sea rentable y tenga la mejor probabilidad de satisfacción, se requiere que el kilometraje promedio mensual, sea al menos 2000 kilómetros, siendo entre 2000 y 2500 los kilometrajes que presentan la mejor recuperación financiera junto a

la mejor probabilidad de satisfacción.

Con kilometrajes menores a los 2000 kilómetros mensuales, se tendrá una condición crítica, ya que se tendrá una probabilidad de satisfacción muy baja derivada de no poder recuperar la inversión en 8 años; de igual forma, en casos en los que los kilometrajes sean superiores a los 2500 kilómetros mensuales, empezará a presentar probabilidades de satisfacción menores, sobre todo si se considera el tiempo para carga en 4 horas.

Como análisis final para el presente ejercicio, se analizará el comportamiento de la recuperación de inversión por año al adquirir el vehículo de contado, con el siguiente gráfico:

Gráfico 7. *Comportamiento recuperación financiera por año, adquiriendo el vehículo de contado.*



Fuente: Rojas. (2022)

Como se puede notar en el Gráfico 7, se mantendrán pérdidas financieras intentando recuperar la inversión entre el primer y octavo año; a partir del noveno año, se logrará tener una recuperación positiva; por lo tanto, dependiendo de las expectativas de tiempo de recuperación de inversión del usuario, la inversión puede llegar a ser aceptable desde el punto de vista financiero.

Conclusiones.

1. No existe una condición única para determinar la conveniencia de adquirir un vehículo eléctrico, la conveniencia se determinará con base en las condiciones de usuario.
2. Para lograr analizar la conveniencia de adquirir un vehículo eléctrico se requiere un análisis tanto de la parte operativa como financiera, ya que las dos pueden ser determinantes en la satisfacción.
3. Un análisis con las mismas características de usuario, puede tener resultados totalmente

distintos dependiendo del país; ya que las variables bases y beneficios por uso de tecnología, pueden ser muy distintas.

4. Aunque el vehículo eléctrico presenta beneficios económicos importantes en temas de precio por combustible y mantenimiento; también presenta perjuicios económicos por el diferencial de precio de venta; y, por ende, los precios de derecho de circulación y seguros (depende de los beneficios por uso de tecnología verde).
5. Aunque en Costa Rica no se cobra por las emisiones ahorradas, el dato debe tenerse presente, como un beneficio intangible de los vehículos eléctricos.

Referencias bibliográficas.

- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (s. f.). ARESEP. Recuperado 2 de agosto de 2022, de <https://aresep.go.cr/>
- BCCR - Inicio. (s. f.). Banco Central de Costa Rica. Recuperado 15 de noviembre de 2022, de <https://www.bccr.fi.cr/SitePages/Inicio.aspx>

Grupo ICE. (s. f.). Grupo ICE.

Recuperado 15 de noviembre
de 2022, de

<https://www.grupoice.com/>

Informe de Coyuntura Económica
Banco Central de Costa Rica,
agosto 2022

Ley 9518 de 2018. Incentivos y
promoción para el transporte
eléctrico. 25 de enero del 2018.

Ministerio de Ambiente y Energía -
República de Costa Rica.
(s. f.). <https://minae.go.cr/>

RECOPE. (s. f.). Recuperado 15 de
noviembre de 2022, de
<https://www.recope.go.cr>

Rodríguez, C.M. 2018. Plan Nacional
de Descarbonización.

Ross, S. A., Westerfield, R. W., &
Jaffe, J. (2012). Finanzas
corporativas (9.a ed.). McGraw
Hill Interamericana.

Vaca, L. M. F., Guerrero, M. F. G.,
Fajardo, C. E. V., Vaca, L. A. F.,
Santillán, X. L. Z., Granda, L. E.
S., & Salazar, J. A. P. (2019).
Valor Actual Neto Y Tasa
Interna De Retorno Como
Parámetros De Evaluación De
Las Inversiones. Investigación
Operacional, 40(4), 469–474.