

# DISEÑO, SIMULACION Y AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA MULTIPLICADOR DE APARCAMIENTO DE AUTOMOVILES Y ELABORACION DE SU MODELO A ESCALA

Christian Marcelo Torres Ripalda

Gonzalo Daniel Nicolalde González

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Campus Politécnico, AV. General Rumiñahui S/N, Sangolquí, Ecuador

Link: <http://www.scribd.com/doc/239298805/Paper-Multiplicador-de-Aparcamiento>

E-mail: [christian\\_torres\\_ri@hotmail.com](mailto:christian_torres_ri@hotmail.com)

[gonzalodnicolalde@gmail.com](mailto:gonzalodnicolalde@gmail.com)

**RESUMEN** – El aumento en el parque automotor del país obliga a las autoridades a buscar soluciones en temas de parqueo y movilidad, aun teniendo grandes inversiones y diversos planes de solución, no es suficiente para la demanda de parqueaderos dentro de las ciudades con mayor aglomeración urbana. A través de sistemas de parqueo automatizados que optimizan los tiempos y los espacios disponibles, se intenta dar una solución a estos problemas, este objetivo se lo alcanzo a través de una investigación experimental ya que el estudio contempla simulaciones generadas por computadora para el prototipo y la construcción de un modelo a escala que evidenciara el proceso y la automatización del mismo. Las pruebas de cuál podría ser el sistema adoptado estuvo restringido a parámetros como material, mano de obra y tecnología disponible en el país, lo que arrojó como resultado una estructura pórtico fija y un elevador móvil de tijeras, con lo que se puede concluir que el sistema elegido de la investigación es factible en cuanto a estos y además con un costo accesible para la inversión en el país.

**Palabras clave:** *parqueadero robotizado, multiplicador de parqueamiento, elevador tijera hidráulico, motoreductores, simulación, plan de producción.*

**ABSTRACT** - The increase in the fleet of the country requires authorities to find solutions to issues of parking and mobility, while having large investments and various plans solution is not enough demand for parking in cities with more urban agglomeration. Through automatized parking systems to optimize the time and space available, we try to provide a solution to these problems, this goal is reached him through an experimental investigation as contemplated simulations generated by computer modeling and simulation effort and movement of the prototype and a scale model evidence of sings the process and the automation. Tests which could be the system adopted was restricted to parameters and material, labor and technology available in the country, which resulted in significantly fixed portal frame and a mobile scissors lift, so it may be concluded that the system elected feasible research regarding these and also in terms of costs.

**Keywords:** *robotic parking, parking multiplier, hydraulic scissor lift, reducing motors, simulation, production plan.*

## I.- INTRODUCCION

El parque automotor en Quito tiene un crecimiento anual que bordearía el 11% anual, actualmente en la ciudad circulan

alrededor de 445 mil autos privados (El Telegrafo, 2013); según el plan maestro de movilidad en el hipercentro de la ciudad se produce una circulación aproximada de 350 mil vehículos por día, lo que quiere decir

que en las horas pico alrededor de 35 mil vehículos demandan una plaza de estacionamiento, sobre todo en los sectores de mayor actividad.

Los sistemas multiplicadores de parqueadero actualmente ya se encuentran aplicados en diversas formas alrededor del mundo, como son:

**Elevador Simple o duplicador de parqueadero:** Es el sistema más simple y consiste en un equipo elevador de vehículos, que permite ubicar dos automóviles livianos en el mismo puesto de parqueo y ya se encuentra en gran cantidad de ciudades alrededor del mundo, este puede utilizar sistemas hidráulicos o mecánicos y actualmente existe en el país en ciudades como Guayaquil y Ambato.

**Estacionamiento Subterráneo:** Sistema que permite estacionar autos en un mismo espacio de estacionamiento aprovechando el subsuelo, y actualmente se encuentran ubicados en países como España, Rusia y Malasia.

Una desventaja de estos sistemas es que para sacar un auto se necesita desplazar los demás.

**Parqueadero Multinivel:** En el sistema tipo multi-pisos, los automóviles son automáticamente desplazados y parqueados a través de la elevación del piso y el movimiento horizontal de las plataformas, este tipo utiliza un sistema de apilamiento horizontal.

**Parqueadero Rotatorio:** Este sistema está diseñado para parquear vehículos en una jaula giratoria algo así como una rueda moscovita este sistema es muy utilizado en países como Japón y China, estos sistemas tienen la ventaja de la fácil instalación y utiliza pequeñas áreas. No hay necesidad de tener personal adicional para su manejo, puede ser operado directamente por el dueño del vehículo.

**Sistemas combinados:** A partir los sistemas antes mencionados se crean sistemas más complejos con la combinación de algunos o

de todos estos; estos dispositivos cuentan, según el sistema, de movimientos de traslación, movimientos verticales y la posibilidad de girar el vehículo, y se encuentran en países como Colombia Alemania y Japón siendo el más conocido el de la Volkswagen el cual desarrolla una torre de aparcamiento circular la misma que conjuntamente con un elevador central y con una plataforma deslizante y giratoria permite almacenar los autos que salen de la línea de producción.

En el país existe muy poca investigación y desarrollo de estas soluciones, por lo que se hace imperioso profundizar el estudio de estos sistemas y la aceptación de estas soluciones dentro del mercado nacional.

El sistema propuesto es del tipo “Torre de Almacenamiento” el mismo que consta de una estructura pórtico modular fija con 3 espacios por 3 niveles donde se ubicarán los automóviles, y de un elevador móvil de tijeras que ubicara el automóvil en su lugar designado.

Con esta investigación del prototipo se espera que en un futuro cercano se pueda construir un sistema real y así aliviar en algo el problema de estacionamientos y mejorar la movilidad en las ciudades.

## **II.- METODOLOGIA**

El material utilizado en el diseño de este prototipo es considerado básico y se puede encontrar fácilmente dentro de los productos ofertados en el país.

El diseño se lo realizo para vehículos categoría livianos es decir con un peso máximo de 2000 Kg y dimensiones: Alto 2000 mm, Largo 5000 mm y Ancho 2000 mm.

### **Estructura**

La teoría desarrollada para el diseño de la estructura será según el Método LRFD, que mediante la combinación de cargas verificara si los perfiles seleccionados son los correctos:

1.2D+1.6L+0.5 (Lr o S o R)

Siendo D: Carga muerta

L: Carga Viva

Lr: Carga de techo

Se utilizó esta combinación debido a que es la que más se ajusta a las condiciones a la que estará expuesta la estructura

Obteniéndose esfuerzos y deformaciones máximas permisibles para la geometría y material del perfil, a la par se obtiene una simulación estructural mediante el software para estructuras de este tipo SAP2000, con lo cual se comprueba los cálculos realizados por el método, así como también una simulación sísmica (Espectro de Respuesta del Suelo), para analizar los efectos de dicho fenómeno dentro de la estructura.

Las Uniones dentro de la estructura son rígidas en el pórtico principal y las uniones entre elementos secundarios son flexibles del tipo junta empernada.

### Sistema de Potencia

Para determinar la fuerza de los pistones se utilizó el Método de Trabajo Virtual que pronuncia “Para una deformación virtual infinitamente pequeña de un cuerpo que se encuentra en equilibrio, el trabajo virtual de las fuerzas exteriores es igual al trabajo virtual interno de deformación” (Ingeniería, 2004), a partir de la cual se seleccionan los demás elementos del sistema hidráulico.

### Elevador móvil

Se inicia con la idealización del modelo plasmándolo en el software SolidWorks.

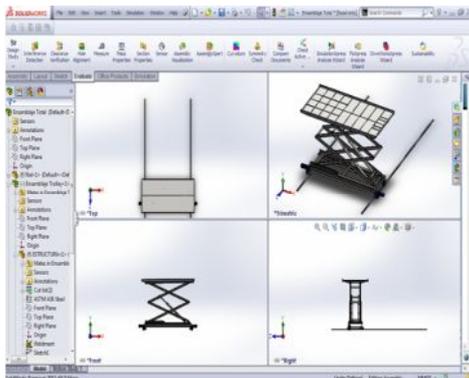


Fig. 1 Elevador Móvil Tijeras

Seguidamente se importa el modelo a el software CAE, ANSYS el que utiliza el método de elementos finitos, que nos permite resolver ecuaciones diferenciales asociadas a problemas físicos, aplicando las fuerzas externas y las reacciones encontradas en el análisis estático, se procede discretizar o mallar los elementos del modelo y posteriormente a generar la simulación, en este caso como teoría de falla se utilizó el criterio de Von Mises, el cual es un indicador del buen diseño para materiales dúctiles.

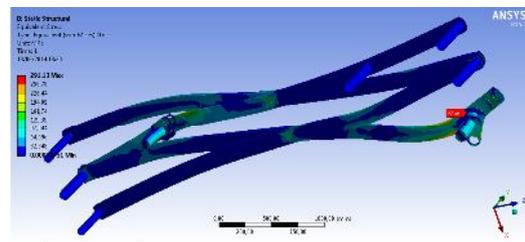


Fig.2 Esfuerzo máximo Tijeras

Posteriormente ya conocidos los tipos de perfiles, materiales y sus respectivos pesos se procede a la selección de los equipos: Motor, reductor y ruedas para su selección se utilizó la metodología indicada en catálogos de fabricantes.

### Sistema de Posicionamiento

Según el uso que se le va a dar, se determinó la cantidad de entradas (sensores) 21 y salidas (actuadores), 4 la capacidad de adquirir y enviar datos, se procede a seleccionar el PLC, una vez hecho esto la elaboración de dicho circuito se la realizo mediante programación grafica utilizando el método de escalera mediante el software propio del PLC.

## III RESULTADOS

### Sistema Propuesto:

A través de estos estudios se puede analizar el comportamiento, comparándolo con la resistencia a la fluencia y la deformación máxima de los materiales y geometría de los elementos que componen el sistema, comprobando que estos no los sobrepasan.

A partir del diseño, los resultados que se obtuvieron fueron:



Fig.3 Sistema propuesto

Un módulo fijo (estructura metálica) y un elevador móvil, que utilizara un sistema de motoredutores y ruedas para el movimiento longitudinal y un sistema hidráulico con un mecanismo de tijeras para la elevación el vehículo.

De los diferentes análisis realizados se obtuvieron los siguientes materiales y equipos.

#### Materiales

Estructura:

- Perfil IPE 400 - Viga Principal
- Perfil IPE 330 - Columna
- Perfil IPE 270 – Viga Secundaria
- Tubo Cuadrado 50X50X3 - Vigas auxiliares y techo
- Plancha Metálica 1220X2440X4 - plataforma
- Platina 1”- junta emperrada

Elevador Móvil

- Platina A 36 50x4 y 50x6 mm – Riel
- Perfil HEB260 - Viga Principal Trolley.
- Perfil estructural U 180x65 mm – Viga secundaria Trolley
- Tubo Rectangular estructural 150x50x3mm – Estructura Base y eslabones
- Acero de Transmisión AISI 1018 D=50.8, 30.1 y 25.4 mm – Pines
- Acero de Transmisión AISI 1018 D=101.6mm – Ruedas y atiesadores.
- Platina AISI 1045 25X250mm – Platinas y refuerzos.

- Tubo estructural redondo D = 101.6mm y 76.2mm x 2 mm de espesor – atiesadores.
- Tubo Rectangular 80x40x3mm – estructura plataforma
- Perfil estructural U 140x60mm – Soporte platinas
- Plancha Antideslizante 1220x2440x4 mm – plataforma.

#### Equipos

- Ruedas: Marca DEMAG  
Rueda libre - DRS-125-NA-K  
Rueda motriz – DRS-125-A-K
- Motoreductor: Marca DEMAG  
Motor – ZBA.63/71-B003  
Reductor plano-DFV-11-D-B5.0-30
- Pistón Hidráulico: Multietapa D: 85mm Carrera: 2125 mm F= 117 KN
- Bomba: 3000 psi con motor acoplado de 6 HP  
Caudal: 1.5 GPM  
Tanque reservorio: 10 Gal.
- Electroválvula 5 vías 3 posiciones con centro cerrado.
- PLC: Schneider SR3B261FU, 100 – 240 V AC, 8 Amp, # entradas 16 digitales y 6 analógicas.
- Sensores: Marca Weiku  
Sensor Fotoeléctrico de presencia, 16-24 V DC, 0.05Amp.  
Final de carrera: Marca OMRON, 16-24 V DC, 0.1Amp.

#### Datos Relevantes

- Estructura  
Peso: 12000 Kg.  
Zona Crítica: La viga secundaria IPE 270 con un esfuerzo máximo de 90 Mpa y con una deformación máxima de 0.413 mm en el centro de la viga. La desviación máxima en caso de sismo con respecto al eje vertical es de  $6 \times 10^{-3}$  mm.
- Elevador Móvil.  
Peso: 2104Kg.  
Zona Crítica: Los elementos más cargados son las platinas que sujetan al pistón a las tijeras con un esfuerzo

máximo de 291.13MPa, y con una deformación máxima de 3mm, en el instante más crítico del funcionamiento que se presenta cuando el sistema empieza la elevación y vence su inercia, cuando el ángulo de elevación del eslabón con respecto al suelo es de 5°.

Además en la zona comprendida en la unión del atiesadores con el eslabón se colocó un refuerzo de una platina AISI 1045 para reducir los esfuerzos presentes.

**Producción:**

Se elabora un plan de requerimientos para la producción.

Tabla 1. Sistema de operaciones para la producción

Campo de Aplicación	Sistema Maquinas	
Modo de aplicación	Base Física	Acero ASTM A36 Acero AISI 1045 Acero AISI 1018
Tipo de maquinaria	Unión	Presión      Pernos Adhesión      Pines Soldaduras
	Estándar	Equipo Oxicorte Taladro Bandeador Prensa Hidráulica Maquina Dobladora Amoladora Esmeril Sierra Mecánica Torno Soldadora eléctrica
Secuencia del proceso	Método de producción Intermitente	
Desarrollo del proceso	Sintético	
Naturaleza	Industrial	Generador de bienes
Procesos básicos		Corte Perforado Roscado Doblado Formado Torneado Soldado

Con la ayuda de las hojas de procesos de fabricación se obtiene requerimientos de mano de obra, maquinaria y materia prima.

A través de los diagramas de flujo podemos obtener una distribución de planta que evite movimientos innecesarios o duplicidad de esfuerzos.

Tabla 2. Requerimientos de Mano de obra

Mano de Obra		Servicios		
Directa	Producción	Técnico Mecánico 1	Corte Amoladora Doblado Ensamblaje Ajustes	
		Técnico Mecánico 2	Perforado Inspección Corte Sierra	
		Técnico Mecánico 3	Torneado Acabado Embalaje	
		Técnico Soldador	Oxicorte Ensamblaje Soldadura SMAW	
		Supervisor	Oficina/Producción	
	Indirecta	Administrativos	Compras	Aprovisionamiento de Materiales
			Contador	Facturas/Impuestos/Balances
			Limpieza	Limpieza Oficina/ Taller

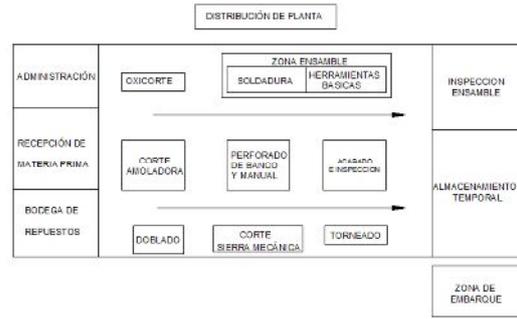


Fig. 4 Distribución de planta

Ademas este estudio arrojó que con esta Mano de Obra y Maquinaria el tiempo para la producción de este sistema es de un mes, repartiendolo en 1 semana para el aprovisionamiento de materiales, 1 semana para la producción y 2 semanas para la instalación y puesta en marcha.

**Análisis Financiero para la producción**

Costo Unitario

Tabla 3. Costo Unitario/Modulo parqueadero

Descripción	Valor (USD)
<b>Costo Materiales e Insumos</b>	36917,92
<b>Costo de Nomina</b>	11826,37
<b>Costo Energia Utilizada en la Producción</b>	263,99
<b>Costos Administrativos</b>	275,00
<b>Costos de Instalación</b>	12860,19
<b>Total</b>	<b>\$ 62.143,47</b>

Supuestos:

Demanda: Analizando el crecimiento anual del parque automotor en Quito y estimando que los parqueaderos existentes adopten este sistema se supone que la demanda será lo que se pueda generar con los mínimos recursos de las variables de producción, lo que dio un módulo y un elevador por mes  
Utilidad: Se la estimó en un 25%

Incremento anual costo de fabricación: 3%

Incremento anual Precio de Venta: 7%.

Precio de Venta: **\$77,679.34**

## Flujo de Caja Proyectado

A partir del flujo de caja proyectado y de los siguientes datos calculados previamente se tiene:

El signo (-) indica que son egresos de capital

- Activos Fijos: \$ -356,007.00
- Activos Diferidos: \$ -1110.00
- Capital de Trabajo: \$ -62,143.47
- Tasa de Descuento: 14%
- Entrada de efectivo por préstamo: \$ 300,000.00
- Salida de efectivo por préstamos anual: \$ -60,000.00.

El flujo de caja proyectado para un periodo de 5 años:

**Año 0:** \$ -119,260.47

**Año 1:** \$ -86,557.93

**Año 2:** \$ - 6,503.34

**Año 3:** \$ 104,563.35

**Año 4:** \$ 144,860.71

**Año 5:** \$ 181,649.74

Se puede observar que a partir del tercer año de producción consecutivo se va a percibir utilidades.

Con estos datos se obtuvo estos valores en un periodo de 5 años:

**VPN = \$ 44.295,65**

**TIR= 21%**

## **Análisis financiero parqueadero**

Para estos cálculos se generara un promedio de autos por hora, tomando en cuenta horas pico y fines de semana; se generara un promedio tomando en cuenta que los datos del parqueaderos investigados tiene un promedio de 0,643 autos por hora.

**Cuadro 1. Promedio de ocupación en parqueaderos Hiper-Centro DMQ**

1782	90% OCUPACION DE LUNES A VIERNES DE 7H00 A 18H00
252	70% OCUPACION DE LUNES A VIERNES DE 18H00 A 20H00
140	30% OCUPACION LOS DIAS SABADOS
2174	TOTAL OCUPACION A LA SEMANA
362	PROMEDIO OCUPACION DIARIA
27877	PROMEDIO OCUPACION POR HORA
0,774	PROMEDIO OCUPACION POR HORA Y POR PARQUEADERO

**Tabla 4. Variables financieras parqueadero**

TARIFA HORA O FRACCION	0,75
Número de Parqueaderos	36
Incremento Anual de Precio de Venta	5%
Costo de Fabricación de la infraestructura del parqueadero	166.029,34
Número de Empleados	4
Número de Horas de Trabajo diario	13
Dias Laborables a la Semana	6
Número de Autos por hora	21,877
Tasa de incremento anual de costo de fabricación	4%
Tasa de interés anual	5%
PROMEDIO OCUPACION POR HORA Y POR PARQUEADERO	0,774
SUELDO ANUAL EMPLEADO	5.214,920
INCREMENTO SALARIAL ANUAL	4%
RENTA INICIAL TERRENO	2000
INCREMENTO ANUAL DE RENTA DE TERRENO	5%
SERVICIOS BASICOS MENSUALES	200
INCREMENTO ANUAL DE SERVICIOS BASICOS	3%
IMPUESTO A LA RENTA	22%
TASA DE DESCUENTO	14%
Gastos de Mantenimiento de Primer Año	500
Incremento de Gastos de Mantenimiento Anual	5%

## Flujo de caja proyectado

- Tasa de Descuento: 14%
- Capital de Trabajo: \$ -62,143.47

El flujo de caja proyectado para un periodo de 5 años:

**Año 1:** \$ -51,424.29

**Año 2:** \$ -32,606.11

**Año 3:** \$ 31,128.83

**Año 4:** \$ 32,309.10

**Año 5:** \$ 87,120.05

**VPN: \$ 9160.44**

**TIR: 15%**

Se puede observar que a partir del tercer año se va a percibir utilidades, como es lógico mientras más módulos la oportunidad de negocio mejora.

## **IV DISCUSIÓN**

- El sistema propuesto fue elegido debido a la mayor simplicidad, menor costo de desarrollo y los materiales, equipos se los puede conseguir fácilmente en el mercado local lo que no sucede con otros tipos de soluciones analizadas.
- Los vehículos son almacenados en estanterías por lo que se evitan daños por vandalismo, robo, roses o golpes causados por otros usuarios, muy común en los sistemas convencionales.

- Los tiempos de producción no son extensos debido a que la base física es decir la materia prima en los procesos de manufactura únicamente cambiara de forma, en comparación de otros sistemas que necesitan elementos o partes más elaboradas.
- La estructura metálica utilizada para almacenar el vehículo resulta más económica que la tradicional fabricación en hormigón armado, debido a que se reduce el volumen de obra civil ya que no es necesaria la construcción de rampas de acceso de vehículos, además estos sistemas de aparcamiento automáticos son muy adaptables, tanto a proyectos de rehabilitación arquitectónica como de obra nueva, y pueden servir ya sea para aumentar el valor de un bien inmueble como para oportunidad de negocio.
- El costo de un sistema de parqueadero automatizado tipo multinivel o conocido también como puzzle de 3 plantas oscila alrededor de los \$ 110,000.00 (apcpark) esto más gastos de importación, desaduanización, transporte, bodega temporal y costos de instalación el total de un sistema instalado bordearía los \$ 170,000.00 comparado con el costo de este sistema \$ 78,000.00, sobrepasa el doble del costo.
- De acuerdo al TIR calculado 21% comparado con la tasa de efectiva de los bancos alrededor del 8%, la inversión de este proyecto para la producción es recomendable.
- Este sistema tiene la ventaja de no tener que retirar uno o varios vehículos para sacar el deseado como algunos de los descritos en la introducción de este artículo.
- Este sistema es del tipo modular por lo que permite expansión aumentando la estructura fija en donde se almacena los autos pero

utilizando el mismo elevador, reduciendo así el costo a mayor número de módulos, lo que no sucede con otros tipos de sistemas que utilizan un elevador por puesto.

## V CONCLUSIONES

- El diseño cumple con los requerimientos de peso y dimensiones de vehículos livianos, además de normativas de construcción y ordenanzas municipales.
- Con la implementación de esta solución se lograra aproximadamente triplicar la capacidad de estacionamientos.
- Esta solución implica un diseño factible y con un costo no excesivo.
- Para la implementación de este proyecto se hace necesario un estudio de factibilidad económico y viabilidad técnica, del lugar donde se lo va a implementar.

## VI RECOMENDACIONES

- El sistema no debe ser sobrecargado o ubicar vehículos fuera de las dimensiones y peso especificados.
- Si se implementa este sistema se debe considerar la instalación de una planta eléctrica que no interrumpa el funcionamiento normal del mismo.
- Como futura investigación se propone profundizar y mejorar los mecanismos utilizados para el movimiento del vehículo.
- Para conocer la aceptación del público hacia esta tecnología se debe ahondar en un estudio de mercado.
- Recomendamos realizar un monitoreo más efectivo que permita evaluar los principales puntos donde se encuentra el problema de la falta de un lugar donde estacionar un vehículo.

## VII REFERENCIAS

- El Telegrafo. (2013, Agosto 8).  
<http://www.telegrafo.com.ec/noticias/quito/item/el-parque-automotor-crece-mas-que-la-poblacion.html>.
- Bresler , B., Lin, T., & Scalzi, J. B. (1970).  
*Diseño de Estructuras de Acero*.  
Mexico: LIMUSA.
- Elcano, S. (2012, Septiembre). *Slideshare*.  
Retrieved from  
<http://www.slideshare.net/parkin/presentacin-parkin-aparcamientos-robotizados>
- Enciclopedia Financiera. (n.d.). Retrieved  
from  
<http://www.encyclopediainanciera.com/finanzas-corporativas/valor-presente-neto.htm>
- Engineers, A. S. (2006). *Minimum Desing Loads for Buildings and Other Structures*. Reston, Virginia: ASCE.
- Catalogo DEMAG. (2014).  
elevadores, O. R. (1974, 7 30). Elevadores  
hidraulicos .
- Aereonáutica, U.-F. d.-D. (n.d.). Retrieved  
from  
<http://www.aero.ing.unlp.edu.ar/catedras/archivos/PTV.pdf>
- apcpark. (s.f.). Obtenido de  
<http://www.apcpark.com/products.php>
- Link de descarga:  
<http://www.scribd.com/doc/239298805/Paper-Multiplicador-de-Aparcamiento>