

SOLUCIÓN CONCEPTUAL DE INTERCAMBIO SEMIDIRECCIONAL EN VARADERO

Orlando Santos Pérez¹, Yasniel Sánchez Suárez², Homero Morciego Esquivel³, Jorge Silvio Díaz Vázquez⁴, Reynier Moll Martínez⁵

¹Ingeniero Civil; Máster en Administración de Empresas; Máster en Ciencias de la Educación Superior; Doctor en Ciencias Técnicas. Empresa de Proyectos de Arquitectura e Ingeniería de Matanzas (EMPAL), San Vicente final, Pueblo Nuevo, Matanzas, orlando-santos@empai.cu.

²Ingeniero Industrial, Universidad de Matanzas, Carretera Vía Blanca Km 3 ½, Matanzas, yasniel.sanchez9707@gmail.com.

³Ingeniero Civil, Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba (UNAICC) Matanzas. Calle Santa Teresa No. 81004 % Medio y Milanés, Matanzas, Matanzas, homero.morciego@umcc.cu.

⁴Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, jorgesidiavaz@civil.cujae.edu.cu.

⁵Ingeniero Civil, Máster en Ingeniería Civil, Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), Calle 114 % Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, reymoll@civil.cujae.edu.cu.

RESUMEN

La intersección a nivel canalizada semaforizada que opera actualmente en la entrada de Varadero, al haber cumplido su período de diseño, comienza a presentar rasgos de congestión en su funcionamiento. Los valores de los crecimientos de la economía turística actuales y previstos en el futuro, impactan en la capacidad de alojamiento del tránsito que se verá excedida por el incremento de la intensidad del mismo, por lo que se hace necesario determinar una solución eficiente a aplicar en el momento futuro crítico. Mediante un análisis previo a la investigación, se ha identificado la solución de intersección a desnivel semidireccional como una variante aplicable para solucionar los problemas de tráfico actuales y futuros. Una vez realizados los estudios de Ingeniería de Tránsito, se demuestra la hipótesis del colapso de la infraestructura vial en ese punto, y luego de haber reconocido los elementos del modelo de intercambio a emplear, y de haber seleccionado la variante más funcional, se ha pre-dimensionado el intercambio en su conjunto, dándole un tratamiento de imagen acorde a la fachada de Varadero al mundo. Al obtener el esquema general de la intersección a desnivel semidireccional más eficaz para el nudo de entrada a Varadero, se ha completado la fase de Solución Conceptual del proyecto, incorporando además avanzadas herramientas de modelación y representación digital que brindan una descripción detallada del modelo terminado.

Palabras claves: *esquema general, intersección a desnivel semidireccional, modelo de intercambio.*

CONCEPTUAL SOLUTION OF SEMI-DIRECTIONAL INTERCHANGE IN VARADERO

ABSTRACT

The canalized traffic light intersection that currently operates at the entrance to Varadero, having completed its design period, begins to show features of congestion in its operation. The current growth values of the tourist economy and those expected in the future have an impact on the accommodation capacity of the traffic that will be exceeded by the increase in its intensity, so it is necessary to determine an efficient solution to be applied in the critical future moment. Through an analysis prior to the investigation, the semi-directional uneven intersection solution has been identified as an applicable variant to solve current and future traffic problems. Once the Traffic Engineering studies have been carried out, the hypothesis of the collapse of the road infrastructure at that point is demonstrated, and after having recognized the elements of the interchange model to be used, and having selected the most functional variant, the pre-dimensioning the exchange as a whole, giving an image treatment according to the Varadero façade to the world. Upon obtaining the general scheme of the most efficient semi-directional uneven intersection for the Varadero entry junction, the Conceptual Solution phase of the project has been completed, also incorporating advanced modeling and digital representation tools that provide a detailed description of the finished model.

Keywords: *general scheme, semi-directional uneven intersection, interchange model.*

Nota Editorial: *Recibido: marzo 2020; Aceptado: mayo 2021*

1. INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye la parte física necesaria para la adecuada operación del transporte terrestre, permitiendo la circulación en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo con niveles adecuados de seguridad y comodidad [1].

Un área propensa a generar conflictos dentro de la infraestructura vial son las intersecciones [2], definidas como el lugar donde confluyen dos o más vías y que permiten la mezcla de las corrientes vehiculares que provienen de diferentes orígenes y buscan diferentes destinos, que pudieran afectar la accesibilidad y movilidad urbana [3]. Los intercambios son utilizados en carreteras por donde circulan flujos vehiculares de gran intensidad, donde el control de acceso es importante, específicamente en localizaciones puntuales en que las maniobras de cruce y cambio de dirección no pueden ser solventados por una intersección a nivel [4].

La solución actual de intersección a nivel semaforizada en el nudo de entrada a Varadero surgió como respuesta a finales de los años '90 para sustituir el diseño original creado en los años 50, porque presentaba problemas de congestionamiento, seguridad vial, confort y comodidad de nivel de servicio adecuado para un polo turístico.

Dado que la solución actual en el nudo de entrada a Varadero fue proyectada para un período de diseño de 10 a 15 años, ya vencidos, los valores del crecimiento de la economía turística del polo actuales y previstos en el futuro, impactan en la capacidad de alojamiento del tránsito que se verá excedida por el incremento de la intensidad del mismo, de acuerdo a la política económica nacional con respecto al turismo, por lo que se hace necesario determinar una solución eficaz a aplicar en el momento futuro crítico.

El incremento de las capacidades hoteleras como evidencia del desarrollo del turismo [5], causan un progresivo crecimiento cuantitativo de las corrientes vehiculares que confluyen en el nudo de entrada a Varadero, lo que impacta de forma negativa en la movilidad por las vías conectadas, así como en la accesibilidad desde y hacia el polo turístico, que constituye el objetivo fundamental de la infraestructura vial existente. La incapacidad actual de la oferta de infraestructura vial del nudo de entrada a Varadero, aumentará con relación a la demanda de flujos vehiculares presente y futura, debido al incremento de la intensidad del tráfico en las vías que confluyen en dicho nudo.

Al ser excedida la capacidad de alojamiento del tránsito por la intensidad del mismo en el nudo vial, será necesario realizar una evaluación del tráfico, en vistas al rediseño o redimensionamiento de la solución actual, en contribución al desenvolvimiento eficaz del turismo en este polo de alto impacto en la economía nacional. Por ello, el objetivo general del presente artículo es proponer una Solución Conceptual eficaz de intercambio semidireccional para el nudo de entrada a Varadero que resuelva la fluidez, seguridad vial y confort de este punto de la infraestructura vial, y de respuesta a la necesidad de accesibilidad y movilidad que impondrá el desarrollo futuro del turismo en la entrada al polo de sol y playa más importante del país.

2. DESARROLLO

En el caso de la entrada de Varadero, se hace necesario un intercambio con la mayor compacidad posible, debido al valor que poseen los terrenos aledaños a la zona y su alto potencial para futura explotación en actividades dedicadas al turismo. Según el Plan de Ordenamiento Territorial y Urbano de Varadero, la solución más viable a los problemas de congestionamiento que se evidencian durante las horas pico en el nudo, es la ejecución de una rotonda, la que resolverá la comodidad de nivel de servicio necesaria para el polo turístico. Sin embargo, análisis realizados a priori demuestran que la vida útil de dicha solución no es acorde al volumen de inversión necesario para su ejecución, por lo que se plantea el paso directo al empleo de un intercambio.

2.1. Materiales y métodos

El trabajo de gabinete del presente artículo, está previsto en cuatro etapas, las que tienen como objetivos:

1. Analizar el estado del arte referente al diseño de intercambios semidireccionales.
2. Caracterizar los parámetros de diseño de intercambios para el período de diseño en función de la accesibilidad y movilidad de la entrada a Varadero.
3. Analizar diferentes variantes de intercambio semidireccional para la entrada de Varadero.
4. Elaborar la Solución Conceptual de intercambio semidireccional más eficaz para el nudo de entrada a Varadero.

Con el objetivo de caracterizar el desarrollo de las maniobras del tráfico en el nudo de entrada a Varadero y las vías que en él confluyen, se realizan varios estudios basados en datos resultantes de un aforo vehicular efectuado por el Centro Provincial de Vialidad de Matanzas. A partir de estos valores se determina la capacidad de las vías y el nivel de servicio en que se encuentran las operaciones como criterios para determinar el agotamiento de los accesos, así como los ciclos semafóricos necesarios para garantizar la

operación como criterio de extenuación de la solución de intersección a nivel canalizada y semaforizada que se explota actualmente.

Luego se elaboran flujogramas que reflejan la distribución por ramales del tráfico que arriba al nudo y su redistribución en los flujos de salida, tanto para el momento actual como para el futuro, así como la inferencia del número máximo de vehículos que se espera que circulen por las vías interceptadas. Para ello se emplea la fórmula del interés compuesto como método clásico de la Ingeniería de Tránsito (Ecuación 1).

$$TPDA_n = TPDA_0(1 + \gamma)^{n-1}, \text{ donde:} \tag{1}$$

- TPDA₀: Tránsito Promedio Diario Anual para el presente.
- TPDA_n: Tránsito Promedio Diario Anual para el año futuro "n".
- γ: razón de crecimiento del tráfico de acuerdo a indicadores económicos específicos.
- n: cantidad de años desde el presente hasta el año del cual se quiere predecir el valor.

El proceso para la determinación de la capacidad vial, volumen y niveles de servicio se rige por los métodos de cálculo establecidos en la NC 53-118/1984 [6] (Tabla 1).

A partir de los valores del tránsito promedio diario anual del año actual (TPDA_{año}), se infieren los volúmenes horarios de máxima demanda actuales para los carriles implicados en el semáforo, es decir, los giros de izquierda, con el objetivo de comprobar si el ciclo semaforico actual brinda el confort adecuado en el nudo por el método de *Webster*.

Tabla 1: Métodos de cálculos establecidos por la NC 53-118/1984.

Características		Descripción
Capacidad vial		
Volumen horario de máxima demanda (VHMD)	$VHMD_{2020} = 100 (D) * (K) * TPDA_{2020}$ (Ec. 2)	K: relación entre el VHD y el TPDA. Para el caso en estudio, al ser una vía sub-urbana, se emplea K = 0.12. D: factor de distribución por sentido. Se estima midiendo el reparto por sentido en la vía que interese o en otra similar.
Factor de vehículos pesados (fvp)	$f_{vp} = \frac{100}{100 + P_c + (E_c - 1) + P_b(E_b - 1) + P_r(E_r - 1)}$ (Ec. 3)	Porcentaje de camiones, ómnibus y rastras de la corriente vehicular.
Tasa de flujo máxima en autos directos equivalentes	$q_{max(ADE)} = \frac{VHMD_{año}}{f_{hp}} \times \frac{1}{f_{vp}}$ (Ec. 4)	q _{max} : Tasa de flujo máxima en autos directos equivalentes, tomada como el valor mayor entre los dos intervalos de 30 minutos de la hora en que se produce el VHMD.
Volumen de servicio		
$VS_c = 2000x \left[\left(\frac{V}{C} \right) (W_L)(T_L)(B_L) \right]$ (Ec. 5)		Se fija inicialmente el nivel de servicio en el cual se cree que se encuentre operando la vía. $\frac{V}{C}$: Relación entre el volumen de servicio del nivel que se quiere brindar (V) y la capacidad real (C) W _L : Factor de corrección que toma en cuenta la anchura de carril y distancia a obstáculos laterales. T _L : Factor de corrección que toma en cuenta el porcentaje de camiones en la corriente vehicular. B _L : Factor de corrección que toma en cuenta el porcentaje de ómnibus en la corriente vehicular.

Una vez analizados los datos del tránsito, se procede a confeccionar variantes de soluciones de intercambios semidireccionales, se elaboran esquemas en los cuales se tienen en cuenta, además de las características del tráfico inducido y desarrollado, las características topográficas de la zona, los cultivos presentes en las cercanías, las edificaciones que pudieran limitar el espacio para el desarrollo de los ramales, las condiciones geotécnicas en vistas de la elección de la estructura de pavimento y las cimentaciones de las estructuras, la

hidrología, y las redes técnicas existentes, lo cual permite formular una evaluación preliminar de las afectaciones posibles.

Una vez planteadas las variantes de solución de intersección semidireccional, se procede a su análisis respecto a los siguientes parámetros:

- Características de diseño.
- Características operacionales.
- Capacidad de tomar el tránsito de modo eficaz.
- Adaptabilidad al lugar de emplazamiento.

2.2. Resultados

El nudo de entrada a Varadero es la intersección vial donde confluyen los flujos vehiculares que transitan entre Matanzas, Varadero y Cárdenas (Figura 1). Este triángulo geográfico genera un fuerte movimiento vehicular asociado a la actividad del turismo, renglón estratégico de la economía nacional.

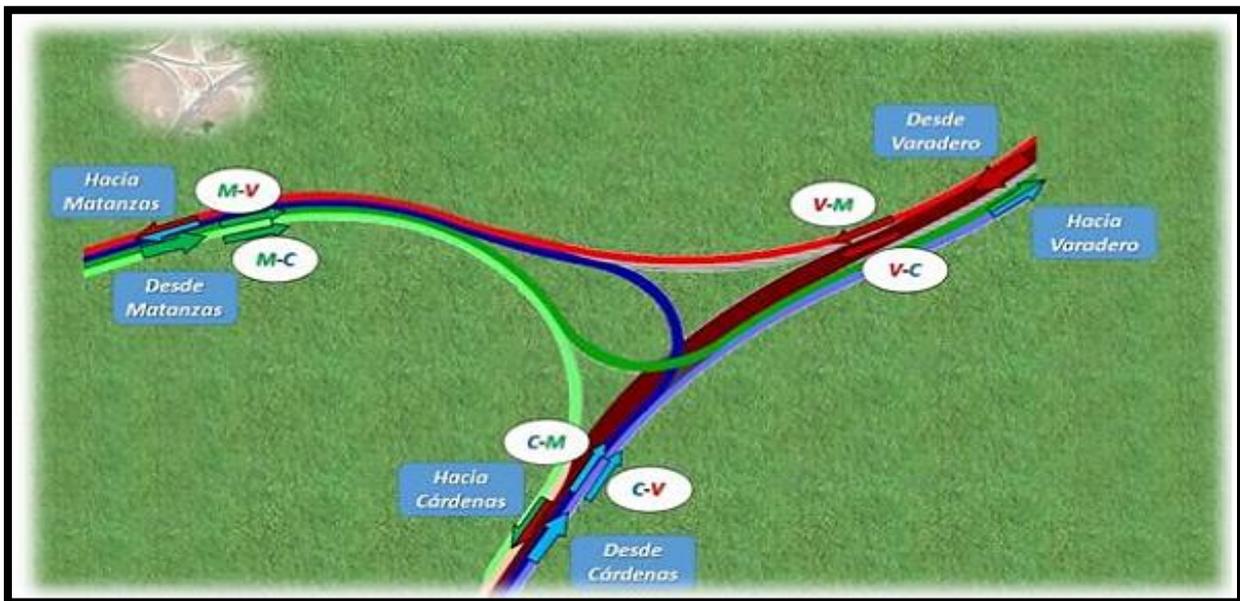


Figura 1: Origen y destino de los viajes de los flujos vehiculares que confluyen en el nudo.

A partir de la contabilización de vehículos observados mediante el aforo vehicular, y la razón de crecimiento de la economía como marcador del desarrollo del transporte, se puede predecir el desarrollo de las corrientes vehiculares en el futuro (Figura 2).

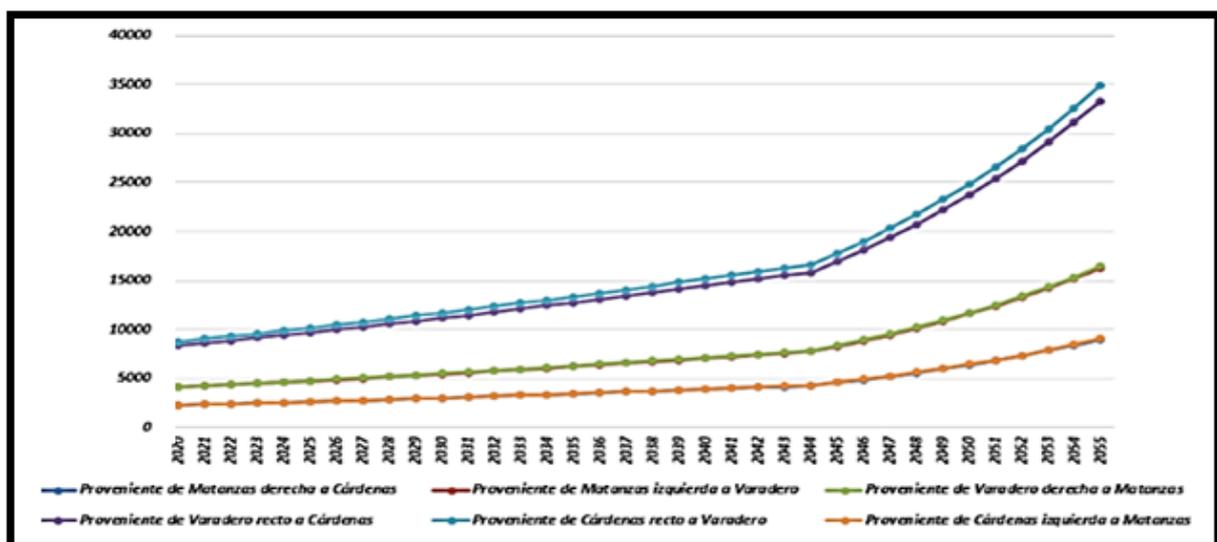


Figura 2: Curvas características del desarrollo progresivo del tráfico en cada corriente vehicular.

Se elaboran flujogramas (Figura 3) que reflejan la distribución por ramales del tráfico que arriba al nudo y su redistribución en los flujos de salida, tanto para el momento actual como para el futuro.

La descripción brindada por los flujogramas permite determinar los movimientos más importantes en función de los datos y cálculos de tránsito, lo que permite definir los ramales principales y secundarios, así como sus características geométricas en función del vehículo de diseño seleccionado para las condiciones futuras de circulación del nudo y sus accesos.

Año 2020						Año 2055					
Desde Matanzas		Desde Varadero		Desde Cárdenas		Desde Matanzas		Desde Varadero		Desde Cárdenas	
Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas
M-C	M-V	V-M	V-C	C-V	C-M	M-C	M-V	V-M	V-C	C-V	C-M
2011	3635	3667	7439	7787	2016	9011	16286	16431	33334	34891	9032
5646		11106		9803		25296		49765		43924	
Hacia Matanzas		Hacia Varadero		Hacia Cárdenas		Hacia Matanzas		Hacia Varadero		Hacia Cárdenas	
Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas	Cárdenas	Varadero	Matanzas
C-M	V-M	M-V	C-V	V-C	M-C	C-M	V-M	M-V	C-V	V-C	M-C
2016	3667	3635	7787	7439	2011	9032	16431	16286	34891	33334	9011
5683		11421		9450		25463		51177		42345	

Figura 3: Flujogramas de las corrientes vehiculares por ramales a la entrada y salida del nudo

La capacidad vial se calcula a partir de las corrientes vehiculares hacia Matanzas, ajustadas con las conversiones de motos en autos, durante 12 horas, el procesamiento de los datos recogidos arroja el tránsito promedio de 12 horas (TP 12 horas), por lo que es necesario convertirlo a TPDA, mediante el empleo de los coeficientes de expansión de TP 12 horas a TP mensual (1,35), y de TP mensual a TPDA (0,951), obtenidos a partir de estudios efectuados en el año 2004 para conocer el impacto de cada día dentro del mes, y de cada mes dentro del año, sobre el desenvolvimiento del tráfico en la red vial nacional. Se obtienen los valores del Tránsito Promedio Diario Anual, y Volumen Horario de Máxima Demanda por corriente vehicular al inicio y final del período de análisis (tabla 2) y se calcula la tasa de flujo máxima en autos directos equivalentes para las corrientes vehiculares que se forman al salir del nudo (tabla 3).

Tabla 2: Valores del Tránsito Promedio Diario Anual, y Volumen Horario de Máxima Demanda por corriente vehicular al inicio y final del período de análisis

Corriente Vehicular	Matanzas				Varadero				Cárdenas			
	M-V	M-C	V-M	C-M	V-C	V-M	C-V	M-V	C-V	C-M	V-C	M-C
TPDA (2020)	3635	2011	3667	2016	7439	3667	7787	3635	7787	2016	7439	2011
TPDA total (2020)	5646		5683		11106		11421		9803		9450	
VHMD (2020)	217	120	221	121	440	217	474	221	476	123	438	118
Total	338		342		657		695		599		557	
Futuro (2055)	1523		1543		2964		3134		2702		2511	

Tabla 3: Cálculo de la tasa de flujo máxima en autos directos equivalentes para las corrientes vehiculares que se forman al salir del nudo

	Hacia Matanzas	Hacia Varadero	Hacia Cárdenas
TP 12 horas	4426	8896	7361
TPDA(2020)	5683	11421	9450
VHMD(2020)	342	695	557
VHMD(2055)	1543	3134	2511
qmax.ADE	1759	4078	3020

A partir de los datos de las restantes vías, mostrados en la tabla 3, se ha calculado la capacidad vial, y el volumen y nivel de servicio de las restantes vías. El volumen de servicio del nivel E supera el volumen horario de máxima demanda actual, por lo que en el presente se puede afirmar que la vía transita hacia el nivel F. Sin embargo, al finalizar el período de análisis ya el volumen horario de máxima demanda futuro habrá excedido el volumen de servicio E, por lo que la vía se encontrará operando en el nivel de servicio F. De esta forma, su flujo será forzado, caracterizado por las muy bajas velocidades, que se reducirán sustancialmente provocando paradas largas y cortas a causa del congestionamiento, formándose colas de vehículos que impedirán la circulación.

La tabla 4 muestra el cálculo automatizado del ciclo óptimo por fases en segundos hasta el año 2035, con base en la tasa de flujo máxima para autos directos equivalentes ($q_{\text{máx}}(\text{ADE})$) observándose el aumento progresivo en los tiempos para cada fase y para el ciclo semafórico en general.

A partir de los resultados obtenidos, se puede afirmar que el ciclo semafórico actual es eficiente, puesto que su valor de ciclo óptimo de 53 segundos es inferior al límite de 90 segundos (aceptable hasta 120 segundos) que establece el Método de *Webster*, por lo que aún el semáforo regula de forma correcta el entrecruzamiento entre las corrientes vehiculares que efectúan giro de izquierda en la intersección. Sin embargo, para el año 2028, el ciclo óptimo alcanza el valor de 92 segundos, superando el límite y avizorando que en poco tiempo será alcanzado el valor máximo absoluto de 120 segundos, exactamente en el año 2032, donde se comienza a obtener valores negativos que denotan la disfuncionalidad del semáforo.

Tabla 4: Ciclo óptimo del semáforo de la entrada a Varadero

Vop=50km/h	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Ciclo Óptimo
	VHMD	VHMD	VHMD	$q_{\text{máx}}(\text{ADE})$	$q_{\text{máx}}(\text{ADE})$	$q_{\text{máx}}(\text{ADE})$	Yi1	Yi2	Yi3	
2020	245	495	139	280	554	179	0,156	0,308	0,099	61
2021	252	510	143	289	571	184	0,160	0,317	0,102	63
2022	260	526	147	298	588	190	0,165	0,327	0,106	66
2023	268	542	152	307	606	196	0,170	0,337	0,109	69
2024	276	558	156	316	624	202	0,175	0,347	0,112	73
2025	284	574	161	325	642	207	0,180	0,357	0,115	76
2026	291	590	165	334	660	213	0,185	0,367	0,118	81
2027	300	608	170	344	680	219	0,191	0,378	0,122	86
2028	309	625	175	354	699	226	0,196	0,389	0,125	92
2029	317	643	180	364	719	232	0,202	0,399	0,129	99
2030	326	660	185	374	739	238	0,208	0,410	0,132	106
2031	335	678	190	383	758	245	0,213	0,421	0,136	116

La intersección a nivel canalizada semaforizada del nudo de entrada a Varadero, en su configuración geométrica, refleja rasgos de una inadecuada conjunción de curvas, lo que provoca la superposición del recorrido de corrientes vehiculares que circulan por ramales contiguos, como es el caso del giro de derecha directo desde Varadero hacia Matanzas, y el giro de izquierda desde Cárdenas hacia Matanzas (Figura 4). De manera general, los conductores que operan la primera ruta invaden parcial o totalmente el segundo recorrido, generándose puntos de conflicto que no son normalmente visibles en intersecciones a nivel. Una vez superada la curva de inflexión izquierda que une la intersección con el tramo recto hasta la dársena, los vehículos que se encuentran en el centro de los dos carriles se bifurcan en dos corrientes independientes por sendos carriles.



Figura 4: Invasión del carril Cárdenas-Matanzas por usuarios del carril Varadero-Matanzas (Vehículo negro).

Una vez analizados los datos del tránsito, se procede a confeccionar variantes de soluciones de intercambios semidireccionales (Figura 5).

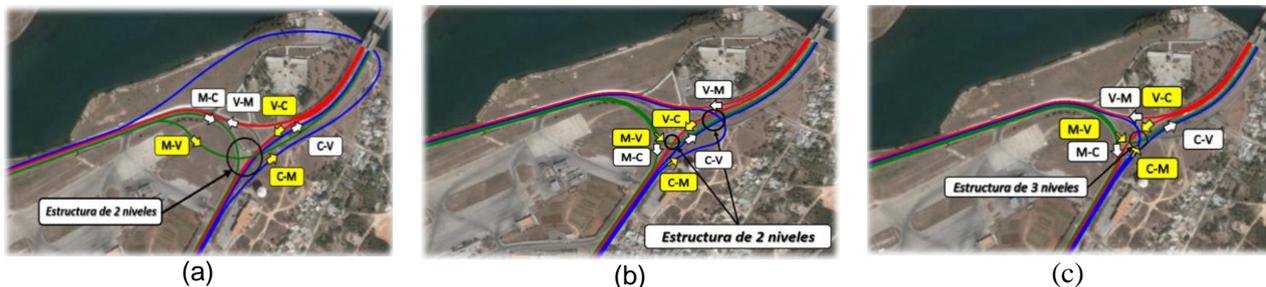


Figura 5: Variantes de diseño para el intercambio semidireccional: (a) Intercambio semidireccional con estructuras de 2 niveles; (b) Intercambio semidireccional con dos estructuras de 2 niveles; (c) Intercambio semidireccional con una estructura de 3 niveles.

En los esquemas confeccionados, se han representado los ramales asignándole un color diferente a cada uno de los puntos a unir por las vías interceptadas, díganse Matanzas, Varadero y Cárdenas. De esta forma, los entrecruzamientos entre ramales son de fácil comprensión y se pueden apreciar los ramales elevados encima de los que se mantienen a nivel mediante la continuidad de los primeros, previo análisis de la intensidad de tráfico en cada uno, manteniéndose a nivel los de mayor flujo vehicular, y elevándose los restantes.

Por otra parte, se han denotado las corrientes vehiculares por las iniciales de su origen y destino, representando su sentido con flechas amarillas para los giros de izquierda, y con flechas blancas para los giros de derecha.

Una vez evaluadas las características de las variantes a analizar, basado en las fortalezas y debilidades de cada esquema, y en la experiencia internacional de nudos de configuración similar al estudiado, el autor elige el intercambio semidireccional con dos estructuras de 2 niveles como solución más eficaz en términos de funcionalidad, por cuanto el confort y seguridad brindados a los usuarios, así como su adecuación al espacio disponible y al trazado original, pudieran, entre otros elementos, facilitar su ejecución. La solución elegida corresponde al modelo de ramales semidireccionales independientes, en el cual brinda grandes posibilidades de maniobrabilidad a todas las corrientes vehiculares, al evitar el entrecruzamiento a nivel de las mismas, asegurando así el flujo ininterrumpido.

La capacidad de tomar el tránsito de forma eficaz es un parámetro que se ha evaluado de forma global, debido a que las tres variantes corresponden al mismo tipo de intercambio, en este caso semidireccional, por cuanto las disposiciones de diseño a cumplimentar coinciden, y la posibilidad de las tres soluciones analizadas de solventar el tráfico circulante de forma segura, es -a la escala en que se observa el proyecto en esta etapa- teóricamente igual.

Una vez definidos los parámetros de diseño básicos según el modelo de intercambio semidireccional, se procede a su representación mediante el empleo de AutoCAD Civil 3D y Sketch Up – ArchiCAD – Lumion (Figura 6), con el objetivo de concatenar los componentes y brindar una primera idea del diseño geométrico del intercambio y sus accesos, tanto planimétrica como alimétricamente.

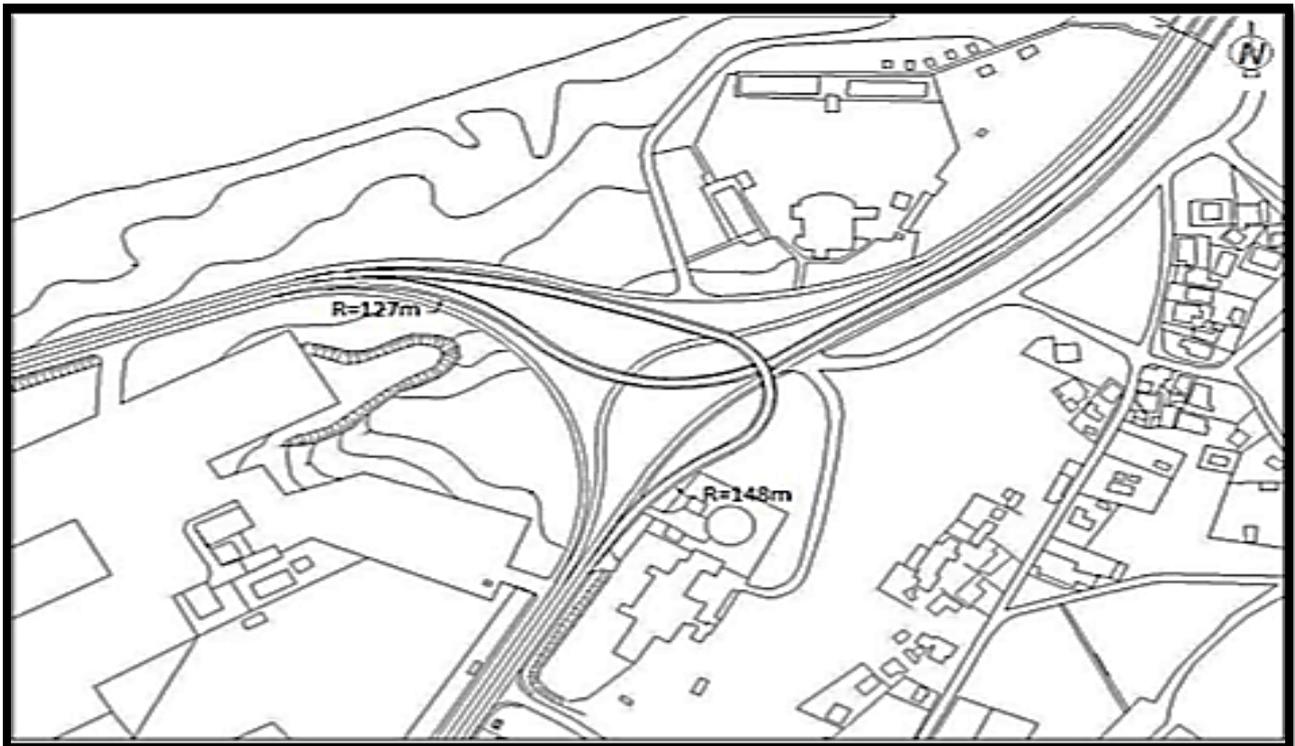


Figura 6: Plan General de intercambio semidireccional en la entrada a Varadero

En la maqueta digital elaborada (Figura 7) tras la modelación en planta se observa como los ramales elevados se disponen armónicamente sobre los ramales a nivel, respetándose las especificaciones de diseño fijadas en el presente trabajo. Se logra la integración del intercambio al entorno, por sus formas curvas que simulan las olas del mar, proponiéndose para los pretilos de los ramales colores claro, para delinear la idea del movimiento del mar que baña a la península de Varadero. El paisaje se favorece con la plantación de vegetación característica de las zonas costeras cubanas.



Figura 7: Vista aérea del intercambio semidireccional en la entrada a Varadero, visto de la entrada desde Matanzas

Por otra parte, se propone un detalle ornamental en el centro del intercambio (Figura 8), con instalaciones de fuentes y espejos de agua, el cual brinde al visitante una bienvenida acogedora, y se convierta en símbolo de la playa de Varadero.



Figura 8: Propuesta de paisajismo para el centro del intercambio

3. CONCLUSIONES

Con las aplicaciones de las herramientas y métodos analizados se puede arribar a las siguientes conclusiones: las intersecciones a desnivel constituyen una alternativa ampliamente difundida en aras de reducir los puntos de conflicto en nudos viales, siendo justificable en términos de funcionalidad, capacidad, seguridad y factibilidad, las soluciones de diseño para el nudo de entrada a Varadero deben adecuarse a la intensidad y composición del tráfico que circula por sus accesos, teniendo en cuenta su crecimiento progresivo e impacto sobre el funcionamiento de la solución como un todo, el intercambio semidireccional con dos estructuras de dos niveles se considera la solución más eficaz, debido al confort brindado, y su adecuación al espacio disponible y al trazado original, el esquema general de intersección a desnivel semidireccional en el nudo de entrada a Varadero, completa la fase de Solución Conceptual mediante la incorporación de avanzadas herramientas de modelación y representación digital que brindan una descripción detallada del modelo terminado.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] O. Santos Pérez, "Instrumento metodológico para la gestión de accesibilidad y movilidad en centros históricos cubanos. Aplicación en la ciudad de Matanzas.," Tesis de doctorado, Departamento Industrial Universidad de Matanzas, Matanzas, Cuba, 2020.
- [2] G. Villalón Sepúlveda, M. Torres Torriti, and M. Flores Calero, "Sistema de detección de señales de tráfico para la localización de intersecciones viales y frenado anticipado.," Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial RIAI, vol. 14, no. 2, pp. 152-162, 2017.
- [3] J. M. López Baena and D. C. Márquez Jaramillo, "Validación de alternativa de intersección vial en la carrera 48 con la calle 12 sur.," Seminario Internacional de Investigación en Urbanismo, no. 9, 2020. Barcelona
- [4] R. L. Brockenbrough, Highway engineering handbook: building and rehabilitating the infrastructure. McGraw-Hill Education, 2009.
- [5] E. Salinas Chávez, E. Salinas Chávez, and L. Mundet i Cerdan, "El Turismo en Cuba: Desarrollo, Retos y Perspectivas/Tourism in Cuba: Development, Challenges, Perspectives.," ROSA DOS VENTOS-Turismo e Hospitalidade, vol. 11, no. 1, pp. 23-49, 2019.
- [6] NC 53-118. Vías con flujo ininterrumpido. Métodos de cálculo de las capacidades, volúmenes y niveles de servicio, 1984.