Informe de límite Internacional Terrestre Sector II (Brákicha o punto Thalweg 121P-119C – Namú Uóki o punto I)

RESULTADOS OFICIALES DE LOS TRABAJOS DEL SECTOR II
(ACTUALIZACIÓN DE LA LÍNEA FRONTERIZA)

23/01/2019

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL "TOMMY GUARDIA" – PANAMÁ

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL – COSTA RICA

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN	5
II. ANTECEDENTES	7
III. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA	9
IV. MEDICIÓN Y LEVANTAMIENTO EN EL SECTOR II	13
4.1. Campaña 2017	13
4.1.1. Itinerario de Trabajo	14
4.1.2. Hitos Históricos	15
4.1.3. Equipo Utilizado	16
4.1.4. Vínculo Geodésico	17
4.2. Análisis de los Resultados	19
V. GENERACIÓN DE LOS VECTORES DIGITALES DE PUNTO Y LÍNEA	21
VI. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO	22
VII. CONCLUSIONES	24
VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
IX. ANEXOS	26
Anexo A: Coordenadas de Los Hitos Fronterizos Respecto al Acta General de la Comisión Demarcadora de Límites entre Panamá y Costa Rica.	26
Anexo B: Reporte de ajuste GNSS de los datos levantados en el Sector II.	27
ANEXO C: Cálculo de la línea geodésica de Bráckicha "H"- CP a Bráchicha (121P-119C)	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Nombre	Página
N° 1	Ubicación Geográfica de los Hitos Históricos del Sector II.	12
N° 2	Hito Histórico "H" – CP (Brákicha) – Sector II.	14
N° 3	Hito Histórico Namú Uóki (punto I) – Sector II.	15
N° 4	Al Lado Izquierda de la Figura Hito "H" – CP y del Lado Derecho Hito Namú Uóki con Sus Respetivos Escudos de Armas.	16
N° 5	Al Lado Izquierda de la Figura Hito "H" – CP (Brákicha) y del Lado Derecho Hito Namú Uóki (punto I).	17
N° 6	Vínculo de Los Hitos Históricos "H"- CP (Brákicha) y Namú Uóki a La Red SIRGAS-CON.	18
N° 7	Montaje de sobreposición de las hojas Sukut y Rio Sukut escala 1:50 000-Sector II.	23
N° 8	Trazado del Límite Internacional Terrestre – Sector II.	23

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Nombre	Página
N° 1	Coordenadas de los Puntos Namú Uóki y Brákicha transfomadas a WGS84 UTM 17N – Aproximación del Cálculo.	9
N° 2	Coordenadas Geográficas de Los Hitos Históricos del Sector II – Aproximación del Cálculo.	10
N° 3	Valores de los puntos en los Datums Ocotepeque y NAD27.	10
N° 4	Coordenadas Geográficas WGS84 de Los Hitos Históricos del Sector II – Segunda Aproximación del Cálculo.	11
N° 5	Fragmento de Coordenadas Finales – Sector I.	11
N° 6	Participantes de la Campaña de Medición 2017.	13
N° 7	Coordenadas Cartesianas y Geodésicas de Las Estaciones SIRGAS - CON - Semana 1963.	19
N° 8	Coordenadas Geodésicas Ajustadas de Los Hitos Históricos del Sector II.	19
N° 9	Coordenadas Finales del Sector II.	21

I. INTRODUCCIÓN

Este informe presenta los resultados de los trabajos de gabinete y campo para la reconstrucción, actualización y oficialización del límite internacional terrestre en el Sector II (Brákicha o punto thalweg 121P-119C – Namú Uóki o punto I), como se describe en el artículo I del Tratado de Límites: "*Partiendo de la boca actual del río Sixaola, en el Mar Caribe, sigue el thalweg de dicho río aguas arriba hasta su confluencia con el río Yorkín; de allí sigue el thalweg del río Yorkín aguas arriba hasta el paralelo de latitud 9°,30' (nueve grados, treinta minutos) Norte del Ecuador; de allí sigue con rumbo geográfico Sur 76°,37' Oeste (setenta y seis grados, treinta y siete minutos) hasta el meridiano de longitud 82°,56',10'' Oeste de Greenwich (ochenta y dos grados,cincuenta y seis minutos, diez segundos)".*

El análisis de la información involucra los datos geodésicos históricos del Acta General de la Comisión Demarcadora de Límites entre Panamá y Costa Rica correspondiente con el Tratado de Límites, comparado con los levantamientos de campo realizados en 2017; y posteriormente, el análisis cartográfico de los mapas bases a escala 1:50 000 de la frontera de ambos países.

En el año 2014 los Institutos Geográficos recomendaron a la Comisión Mixta Permanente de Límites retomar los trabajos de organización y planificación del Sector II (Brákicha o punto thalweg 121P-119C – Namú Uóki o punto I).

Este sector fronterizo se conforma de dos hitos de primera clase; cuyas ubicaciones geográficas se encuentran en una región cubierta por una exuberante vegetación tropical. Lo que conllevó a una gran dificultad para su búsqueda y medición. Sin embargo, en 2017 se realizó una campaña a la zona y se logró realizar mediciones con equipo GNSS geodésico.

La verificación de las posiciones terrestres de los dos hitos históricos que delimitan este sector y la magnitud real de esta parte de la línea de la frontera terrestre, fue

aprobada por los Instituto Geográficos de Panamá y Costa Rica; permitiendo aclarar cualquier duda en el trazado original de la frontera internacional entre Costa Rica y Panamá vigente desde el año 1941.

II. ANTECEDENTES

En la XII Reunión de la Comisión Mixta Permanente de Límites entre Costa Rica y Panamá, celebrada los días 12 y 13 de agosto de 2014, en el cantón de Corredores, provincia de Puntarenas en Costa Rica; se acordó en el punto 7 (siete) - Asuntos Varios, subpunto c), primer y segundo párrafo, lo siguiente:

- *"Los directores de ambos institutos geográficos solicitaron a la Comisión Mixta la autorización para que puedan realizar sus acciones de programación y ejecución de forma conjunta sobre los trabajos de carácter técnico que son necesarios para la buena identificación y mantenimiento del límite entre ambos países".*
- *"Se discutió el tema y la Comisión Mixta acogió la petición y se acordó autorizar a ambos institutos a que efectuén los trabajos técnicos pertinentes según la priorización definida por la Comisión Mixta. Los institutos geográficos proponen que la priorización de los trabajos de campo a realizar sea en el orden de los sectores, es decir, realizando un estudio integral del Sector II y III primeramente, para el segundo semestre del año 2015".*

Posteriormente, en la XIII Reunión Ordinaria de la Comisión Mixta Permanente de Límites entre Panamá y Costa Rica, celebrada en la ciudad de Changuinola, provincia de Bocas del Toro – Panamá, los días 15 y 16 de octubre de 2015; en el punto III, subpunto II - Sectores II y III, dice lo siguiente:

- *"La Comisión Mixta de límites acuerda retomar el mandato para los trabajos en los sectores 2 y 3, una vez finalizados los estudios del sector 6".*

Durante la Asamblea de la Comisión Binacional de la Cuenca del Río Sixaola realizada en Cahuita –Talamanca en Costa Rica los días 7 y 8 de junio de 2017, se concertó el apoyo para realizar la medición geodésica en los vértices Brákicha y Namú Uóki en agosto del 2017.

El 19 y 20 de noviembre de 2018 se celebró en San José, Costa Rica la XV Reunión Extraordinaria de la Comisión Mixta Permanente de Límites Costa Rica – Panamá; en ésta se llegó al acuerdo según el quinto (5) punto de la agenda que establece:

- *Los Institutos geográficos continuarán las labores para la oficialización de los trabajos del Sector II del límite internacional, para lo cual el Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia", remitirá, hasta el 7 de diciembre de 2018, las observaciones a los datos presentados por el I.G.N. de Costa Rica, y ambos institutos se comprometen a oficializar el informe conjunto, mediante el procedimiento previamente utilizado y acordado, a más tardar el 15 de enero de 2019.*

Por lo anteriormente citado, los Institutos de ambos países convinieron realizar el intercambio de información histórica, constituida por planos, datos numéricos y materiales más recientes del área como cartografía que servirán para el desarrollo del trabajo.

III. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA

Este sector se conforma de 3 puntos históricos; el primero es el punto thalweg que es el enlace entre los sectores I y II – **punto 121P – 119C (Brákicha)**; el sengundo punto es el hito de primera clase – **punto "H" C-P** el cual es un punto colineal de la recta; y el tercer punto es el enlace entre los sectores II y III – **punto Namú Uóki o punto I**.

La información histórica (datos) del Sector II se presenta en 3 tipos de análisis de gabinete, los cuales son las siguientes:

- El primer análisis se fundamenta en la transformación de las coordenadas rectangulares de los hitos históricos del Tratado (1941-1944) a coordenadas proyectadas UTM 17N WGS84 a través del Método bidimensional de Helmert – como una aproximación de los cálculos de coordenadas. En este ejercicio se consideraron las coordenadas de los hitos auxiliares 61P y 65P del Sector I (Sixaola) levantados en la campaña del 2011.

TRANSFORMACIÓN DE COORDENADAS

ΔE' =	5029.64		o =	1.00004939				
ΔN' =	-965.1							
ΔE =	5025.448		a=	0.00460099				
ΔN =	-988.289							
PUNTO	E'	N'			E			N
	ΔEi'	ΔNi'	oΔEi'	aΔNi'	Ei'	oΔNi'	aΔEi'	ΔNi
65 P	-30479.870	4338.030			298171.773			1062418.22
Punto I (Namú Uoki)	-41954.720	-10412.250	-11475.417	-67.865919	286628.49	-14751.009	-52.795692	1047720.01
Punto "H" -CP	-30725.730	-7740.580	-245.87214	-55.573587	297870.327	-12079.207	-1.1311999	1050340.14
Brakichá	-30683.760	-7730.640	-203.90007	-55.527853	297912.345	-12069.266	-0.9380962	1050349.89
Brakichá H - P	-30661.930	-7725.400	-182.06899	-55.503744	297934.2	-12064.026	-0.8376566	1050355.03

Cuadro N°1. Coordenadas de los puntos Namú Uóki y Brákicha transfomadas a WGS84 UTM 17N – Aproximación del Cálculo.
Fuentes: Departamento de Geodesia - Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico - Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

Con las coordenadas planas en UTM17N se llevan a coordenadas geodésicas en WGS84.

Puntos	UTM 17N		WGS84	
	Norte	Este	Latitud	Longitud
Namu_Uoki	1047720.010	286628.490	9.47279952965	-82.94349368370
"H" - CP	1050340.140	297870.327	9.49703850197	-82.84126127400
Brakicha	1050349.890	297912.345	9.49712865795	-82.84087912610

Cuadro N°2. Coordenadas Geográficas de Los Hitos Históricos del Sector II –Aproximación del Cálculo.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico - Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

- El segundo análisis se basa en la **Nota sin número de Federico Gutierrez Braun (director del IGNCR) a IAGS- año 1963**, donde aparecen los datos de los puntos Brákicha y Namú Uóki en coordenadas geográficas en los datums de la comisión demarcadora, Ocotepeque y NAD27.

Frontera Costa Rica - Panamá

Vértice	Comisión	Ocotepeque	NA 1927
1 P Boca Sixaola	09° 34' 11,93" 82° 33' 14,80"	09° 34' 06,46" 82° 33' 48,30"	09° 33' 57,12" 82° 33' 41,62"
61 P 82.23 m.	09° 36' 01,46" 82° 47' 09,45"	09° 35' 56,032" 82° 47' 42,649"	09° 35' 46,69" 82° 47' 35,97"
63PP 27.02 m.	09° 35' 56,97" 82° 48' 25,56"	09° 35' 51,554" 82° 48' 58,769"	09° 35' 42,21" 82° 48' 52,09"
67 P 121.99 m.	09° 35' 59,10" 82° 51' 01,04"	09° 35' 53,693" 82° 51' 34,247"	09° 35' 44,35" 82° 51' 27,57"
65 P 104.90 m.	09° 36' 32,76" 82° 49' 54,42"	09° 36' 27,341" 82° 50' 27,641"	09° 36' 28,00" 82° 50' 20,96"
79 CA Yorkin	09° 33' 47,08" 82° 52' 37,83"	09° 33' 41,60" 82° 53' 11,33"	09° 33' 32,26" 82° 53' 04,65"
Cásbeta 774.90 m.	09° 28' 26,35" 82° 55' 30,12"	09° 28' 20,871" 82° 56' 03,620"	09° 28' 11,531" 82° 55' 56,940"
Motchum 1,183.30 m.	09° 27' 30,66" 82° 53' 59,40"	09° 27' 25,176" 82° 54' 32,910"	09° 27' 15,740" 82° 54' 26,230"
Brákicha 85.72 m.	09° 30' 00,00" 82° 50' 00,50"	09° 29' 54,52" 82° 50' 33,98"	09° 29' 45,18" 82° 50' 27,30"
Namú Uoki 580.40 m.	09° 28' 32,69" 82° 56' 10,00"	09° 28' 27,21" 82° 56' 43,50"	09° 28' 17,87" 82° 56' 36,82"

Cuadro N°3. Valores de los puntos en los Datums Ocotepeque y NAD27.
Fuentes: Departamento Topográfico - Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

Como se observa en la Cuadro N°3 se consignan los valores de coordenadas en el sistema geodésico determinado por la comisión demarcadora de la

década de 1940 y adicionalmente se elaboraron coordenadas en los sistemas geodésicos de Ocotepeque y Nad 27 los cuales fueron oficiales en Costa Rica y Panamá por más de 50 años hasta que se consideraran datums que se fundamentan en el sistema satelitario y el Marco Internacional de Referencia Terrestre.

Se hace la transformación de coordenadas geográficas de los puntos entre los datums NAD27 y WGS84 con los siete parámetros de transformación definidos por el IGNTG (disponibles en la dirección web www.ignpanama.anati.pa) – como segunda aproximación del cálculo.

Puntos	NAD27		WGS84	
	Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
Namú Uoki	9.471631	-82.943561	9.472887	-82.943487
Brakicha	9.495883	-82.840917	9.497139	-82.840839

Cuadro N°4. Coordenadas Geográficas WGS84 de Los Hitos Históricos del Sector II – Segunda Aproximación del Cálculo.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

- El tercer análisis se apoya en los resultados finales-oficiales de los trabajos del Sector I que se muestran en el Informe del Límite Internacional "Sixaola".

Puntos	WGS84		CRTM05		UTM17	
	Latitud	Longitud	Norte	Este	Norte	Este
Punto I (Namú Uóki)	9.47280400	-82.94348928	1047615.063	616011.660	1047720.501	286628.977
"H"C-P	9.49704439	-82.84125782	1050332.136	627229.787	1050340.789	297870.710
121P - 119C (Brákicha)	9.49713452	-82.84087569	1050342.246	627271.717	1050350.536	297912.726

Cuadro N°5 (digital). Fragmento de Coordenadas Finales – Sector I.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico - Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

Los resultados de estos tres análisis indican las coordenadas aproximadas de estos hitos; solamente con la campaña de observación geodésica en campo se puede determinar el grado de incetidumbre de los cálculos y aproximaciones en las coordenas finales de los hitos. Los datos oficializados del Sector I son los más coherentes y deben ser sutentandos con la medición en campo.

Como resultado de estos análisis se muestra en la figura N°1 las ubicaciones de los hitos históricos.

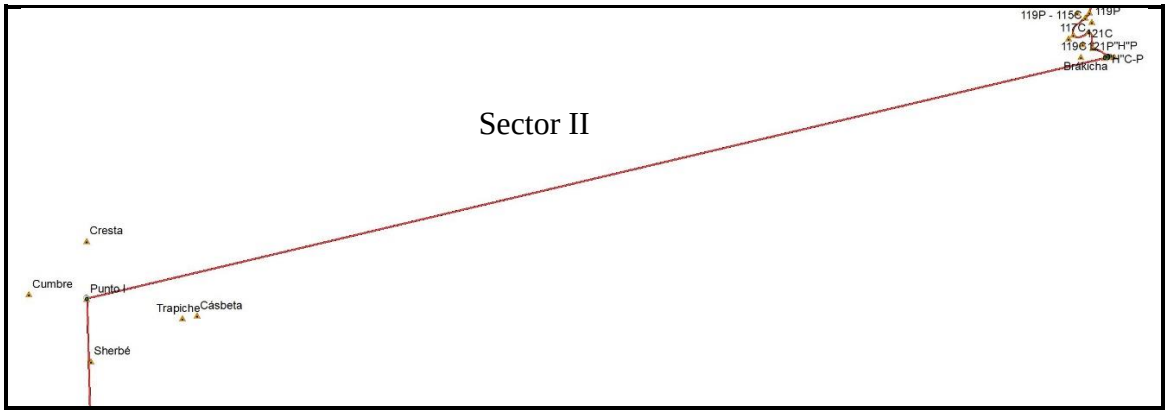

Figura N°1. Ubicación Geográfica de los Hitos Históricos del Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

IV. MEDICIÓN Y LEVANTAMIENTO EN EL SECTOR II

4.1. Campaña 2017

En la Asamblea de la Comisión Binacional de la Cuenca del Río Sixaola realizada en Cahuita -Talamanca, Costa Rica en los días 7 y 8 de junio de 2017 se logró concertar apoyos con personeros encargados de la administración y protección por Costa Rica del Parque Internacional La Amistad (PILA) con el objetivo de realizar la medición geodésica en los vértices Brákicha y Namú Uóki que son los que corresponden a la línea geodésica entre ambos países en el Sector II y el inicio del Sector III. Los trabajos se realizaron en la región Bri Bri de la provincia de Bocas del Toro (Panamá) y el Cantón de Talamanca (Costa Rica), respectivamente. Como resultado de esto se contó con la colaboración de la Licenciada Nazareth Porras, Oficial Técnica/Coordinadora BRIDGE-Mesoamérica de la UICN quien apoyó con recursos económicos para el desarrollo de la campaña. La campaña 2017 estuvo integrada por el siguiente grupo de funcionarios de ambos paises:

Funcionario	Dependencia	País
Joel Juárez	IGN Tommy Guardia	Panamá
Oscar Ortíz	IGN Tommy Guardia	Panamá
Pedro Pretel	IGN Tommy Guardia	Panamá
Wilfredo Marmolejo	Senafront	Panamá
Elvin Moreno	SINAC	Costa Rica
Luis Chacón	Adidibri	Costa Rica
William Brenes	Policía de Frontera	Costa Rica
David Campos	Policía de Frontera	Costa Rica
Eduardo Víquez	Policía de Frontera	Costa Rica
Alfredo Quirós	IGN	Costa Rica
Álvaro Álvarez	IGN	Costa Rica

Cuadro N°6. Participantes de la Campaña de Medición 2017.

4.1.1. Itinerario de trabajo:

La gira se desarrolló en los días del 22 y 24 de agosto de 2017 de la siguiente manera:

- El día 22 de agosto se realizó la expedición desde la localidad de Bambú en Bribrí, se ingresa a una embarcación y se navegó aguas arriba por el río Yorkin (Costa Rica) hasta llegar al poblado de Alto Yorkin, desde el cual se continuó a pie por unas 2 horas hasta llegar al punto "H" – CP (Brákicha) donde se midió sobre el hito por espacio de 3 horas.

Figura N°2. Hito Histórico "H" – CP (Brákicha) – Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

- El día 24 de agosto se realizó la expedición hasta el hito Namú Uóki. Para acceder a este punto se navegó aguas arriba por el río Telire hasta la comunidad de Bambú en Bribrí, de aquí se viajó hasta el poblado de Suretka para luego cruzar en bote el río Telire, de este punto, se viaja por el corte que conecta las comunidades de Amubri y Soki (Tzoki) hasta llegar a esta última; de la comunidad de Soki, el monumento está a 3,5 horas a pie. Todo este recorrido se realizó por

territorio costarricense. El monumento se encuentra en buenas condiciones y por localizarse en un sitio relativamente alto y estar rodeado por vegetación de mediana altura, la observación fue de 2 horas.

Figura N°3. Hito Histórico Namú Uóki (punto I) – Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

4.1.2. Hitos Históricos:

Los hitos en los cuales se realizó la medición son hitos de concreto armado de unos 2,00 m de altura en total, con placas de bronce que indican:

- ✓ Coordenadas astronómicas: latitud, longitud y altitud.
- ✓ Nombre del hito histórico y el año.
- ✓ Azimut de la línea geodésica: caso Namú Uóki.

Tiene además, dos placas colocadas que son los escudos de Costa Rica y Panamá.

Figura N°4. Al Lado Izquierda de la Figura Hito “H” – CP y del Lado Derecho Hito Namú Uóki con sus Respectivos Escudos de Armas.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia” (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

4.1.3. Equipo Utilizado:

Las mediciones se realizaron con un equipo GNSS marca Trimble modelo R4 propiedad del IGN de Costa Rica con número de patrimonio 0209-0120101.

Figura N°5. Al Lado Izquierda de la Figura Hito "H" – CP (Brákicha) y del Lado Derecho Hito Namú Uóki (punto I).
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

En las imágenes de la figura anterior los hitos fronterizos al momento en que se realizaron las mediciones.

4.1.4. Vínculo Geodésico:

Para el amarre geodésico de las mediciones realizadas se consideró el vínculo a las estaciones de la red SIRGAS-CON más cercanas a la frontera

en este caso 2 estaciones costarricenses y una panameña. En el caso de Costa Rica se utilizaron las estaciones LIMN y NEIL localizadas en Limón y Ciudad Neilly respectivamente y por parte de Panamá la estación DAVI localizada en David, Panamá.

Se consideraron las coordenadas correspondientes con la semana 1963 en el ITRF14 época 2017.63.

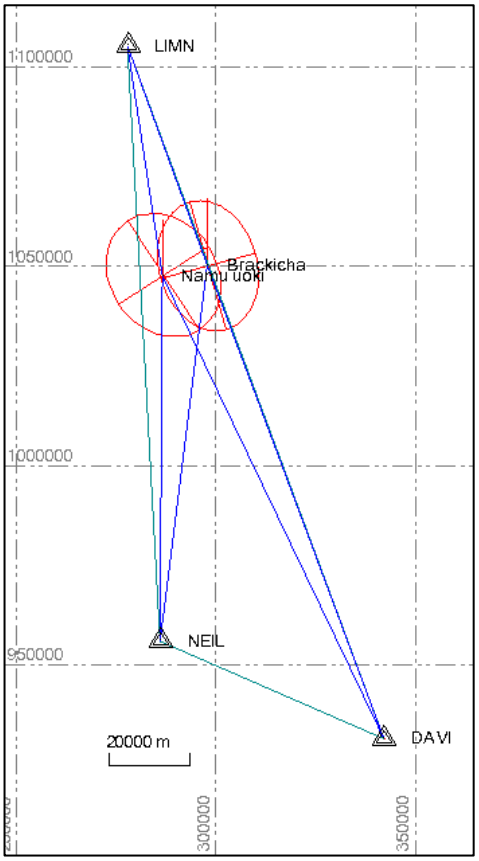

Figura N°6. Vínculo de Los Hitos Históricos "H"- CP (Brákicha) y Namú Uóki a La Red SIRGAS-CON.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

PUNTO	X (m)	Y (m)	Z (m)	Latitud (N)	Longitud (O)	Altura (m)
DAVI	830823.9492	-6254882.4122	928363.1408	8°25'31.70488"	82°26'01.68860"	67.2123
LIMN	762717.3279	-6235556.4907	1099500.4510	9°59'35.13237"	83°01'34.92426"	25.0445
NEIL	774610.3514	-6258471.5321	952303.0857	8°38'39.67436"	82°56'39.80314"	66.5198

Cuadro N°7. Coordenadas Cartesianas y Geodésicas de Las Estaciones SIRGAS - CON - Semana 1963.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

4.2. Análisis de los resultados

De acuerdo con las mediciones realizadas se alcanzaron exactitudes mejores a ± 1cm en la componente horizontal, lo cual es satisfactorio considerando que en ambos sitios no se tuvo condiciones de horizonte instrumental despejado.

Punto	Latitud (N)	σLat	Longitud (O)	σLon	Altura (Metro)	σALt
"H"- CP (Brákicha)	9°29'49.34614"	0.009	82°50'28.50605"	0.003	99.011	0.061
Namú Uóki (punto I)	9°28'22.37481"	0.007	82°56'36.61471"	0.004	597.653	0.024

Cuadro N°8. Coordenadas Geodésicas Ajustadas de Los Hitos Históricos del Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

Es importante indicar que el hito Brákicha en el cual se realizaron las mediciones corresponde con el hito Brákicha "H"- CP señalado en el Acta General. Ver anexo A.

Los hitos Brákicha "H"- P y Brákichá "H"- CP forman parte de la referencia del Punto Brákicha que está justo en el Thalweg río Yorkin **(punto 121P – 119C)**.

El hito Brákicha "H"-CP es colineal al punto Brákicha (punto 121P – 119C) y al punto Namú Uóki (Punto I) y está a una distancia de 43,132 m del punto Brákicha.

La orientación de la línea Brákicha - Namú Uóki es la misma de la línea Brákicha "H"-CP - Namú Uóki con una distancia geodésica entre ellos de 11 541,521 m de acuerdo con los datos del informe del Sector I. Esta distancia geodésica fue corroborada con la medición de la campaña del 2017 y tiene una magnitud de 11 541,6618 m, como se puede inferir, la diferencia es de apenas 14 centímetros que plenamente coincidente con el nivel de exactitud descrito en el Informe del Sector I que dice:

> *"Los resultados de esta campaña ayudaron a determinar el grado de exactitud de los datos históricos respecto a los sistemas modernos de medición, estimándose que la exactitud de la triangulación es de aproximadamente ± 20 cm y por lo tanto el límite cumple plenamente con las exactitudes requeridas en levamientos catastrales".*

Con los resultados obtenidos de la campaña 2017 puede precisarse mejor las coordenadas del punto Brákicha (punto 121P – 119C) considerando el azimut geodésico (Norte) de la línea Brákicha "H"-CP - Namú Uóki igual a 256° 37' 19,8766" y el inverso de 76° 36' 19.2164" ambos sobre el elipsoide WGS84. Lo anterior es necesario ya que pese a los datos geométricos de la comisión demarcadora de la década de 1940 no se conoce con certeza elipsoide utilizado ni su orientación, pero al existir ambos hitos se puede realizar la actualización a los sistemas modernos de forma sencilla empleando para este fin el calculo directo de la línea geodésica con el método de T. Vincenty disponible en línea en la página https://www.ngs.noaa.gov/cgi-bin/Inv_Fwd con lo cual se obtienen los siguientes resultados:

Puntos	WGS84		CRTM05		UTM 17N	
	Latitud (N)	Longitud (O)	Norte (m)	Este (m)	Norte (m)	Este (m)
Punto I (Namú Uóki)	9°28'22.37481"	82°56'36.61471"	1047623.673	616010.007	1047729.127	286627.398
"H"C-P	9°29'49.34614"	82°50'28.50605"	1050331.718	627230.462	1050340.365	297871.381
121P - 119C (Brákicha)	9°29'49.67136"	82°50'27.13040"	1050341.851	627272.391	1050350.136	297913.397

Cuadro N°9 (digital). Coordenadas Finales del Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

V. GENERACIÓN DE LOS VECTORES DIGITALES DE PUNTO Y LÍNEA

Culminados los trabajos de cálculos de coordenadas finales de los hitos históricos del Sector II por los Departamentos de Geodesia de ambos Institutos Geográficos; se prosigue en crear los archivos digitales de puntos y línea en formato shapefile.

El procedimiento es el siguiente:

- Primero se crea el shapefile de puntos en el sistema de coordenadas geográficas en el ITRF14. De allí se reproyecta este archivo a los sistemas de coordenadas CRTM05 (Costa Rica) y UTM 17N (Panamá).

- El archivo shapefile de línea se genera a partir del archivo de puntos en sistema de coordenadas geográficas; luego se reproyecta a CRTM05 y a UTM 17 N.

  Los productos finales poseen los siguientes nombres oficiales en formato shp:

- **Puntos**

CRS	**Nombre**
Geográficas	Hitos_sector_II
CRTM05	Hitos_sector_II_CRTM05
UTM17N	Hitos_sector_II_UTM17N

- **Líneas**

CRS	**Nombre**
Geográficas	Linea_sector_II
CRTM05	Linea_sector_II_CRTM05
UTM17N	Linea_sector_II_UTM17N

Nota: se anexa al documento los nombres de los archivos digitales con el propósito que solamente se reconoce como oficial estos archivos.

VI. ANÁLISIS CARTOGRÁFICO

La cartografía análoga de los mapas base a escala 1:50 000 de Panamá y Costa Rica muestran el trazo del límite internacional terrestre del Sector II de hace 50 años aproximadamente. La información cartográfica de éste sector fue sometida a un proceso de revisión con los nuevos insumos cartográficos y geodésicos, lo que permitió encontrar discrepancias en los productos antiguos.

Las hojas 1:50 000: SUKUT – Costa Rica (proyección Lambert, datum fundamental de Ocotepeque) y RÍO SUKUT – Panamá (proyección transversa de Mercator, datum NAD27) son las que comprenden el Sector II y se visualizan en la figura N°7.

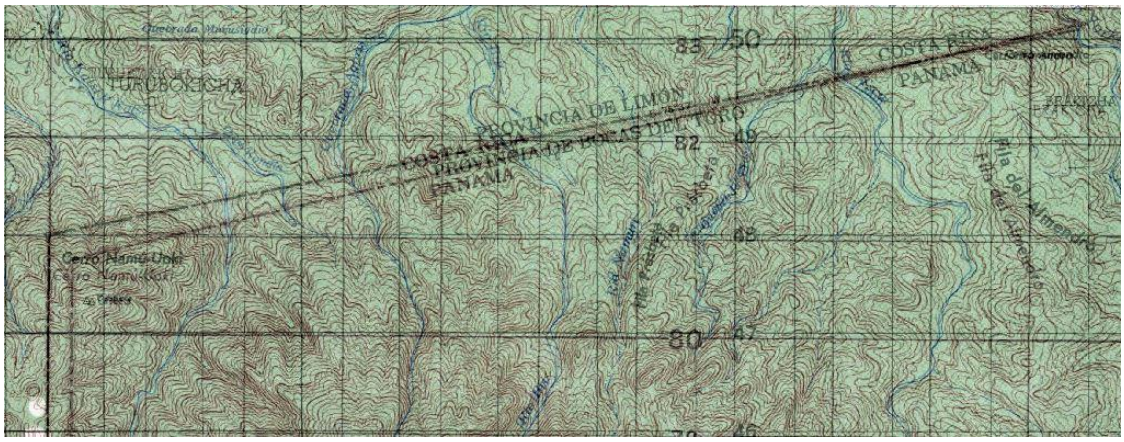

Figura N°7. Montaje de sobreposición de las hojas Sukut y Rio Sukut escala 1:50000 - Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

Con los nuevos datos actualizados y oficializados se conoce con precisión la ubicación de los hitos históricos y la longitud exacta de la línea fronteriza del Sector II, representada en color rojo en la figura N°8.

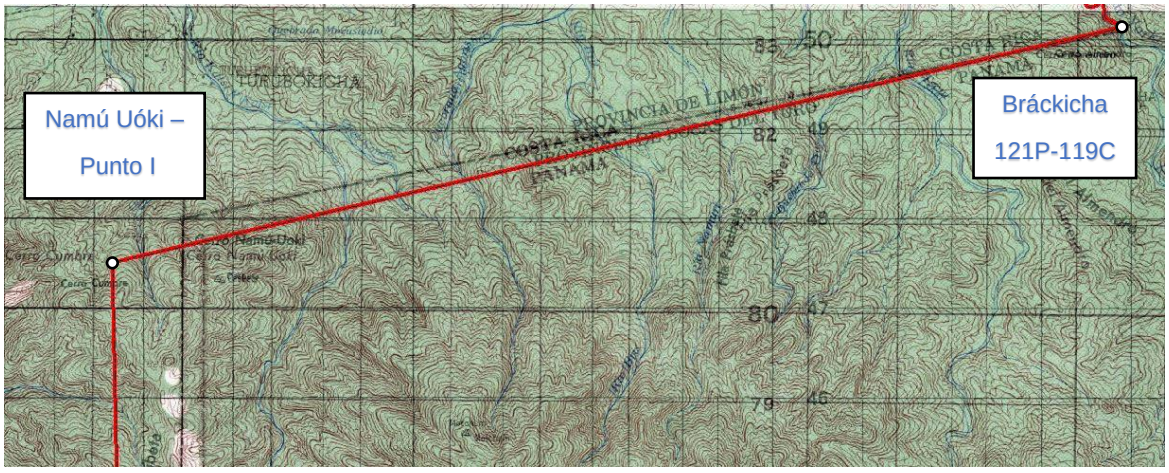

Figura N°8. Trazado del Límite Internacional Terrestre – Sector II.
Fuentes: Departamento de Geodesia- Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (Panamá)
Departamento Topográfico- Instituto Geográfico Nacional (Costa Rica)

VII. CONCLUSIONES

Según el análisis de la información geodésica, los datos que se presentan en el documento histórico de la Comisión Demarcadora de Límites Entre Panamá y Costa Rica (1941 – 1944), son suficientes para indicar el trazado real de la frontera internacional terrestre.

En este sector se tiene muy poca información histórica, sin embargo, los trabajos de la campaña 2017, permitieron confirmar la validez de los datos; a esto se le suma los trabajos oficializados del Sector I.

Con la revisión, actualización y oficialización de la información del Sector II se conoce con exactitud la dirección y magnitud real de la línea geodésica comprendida entre los hitos Namú Uóki – Punto I y Bráckicha – 121P-119C.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- La Ingeniería en La Frontera; Autores: Laguna N. Carlos y Sáenz G. José. Impreso por el I.G.N.T.G. en 1991.

- La Frontera Entre Costa Rica y Panamá; Autor: Barrantes F. Mario. Impreso por El I.G.N. de Costa Rica en 1959.

- Ley N°51(de 20 de mayo de 1941), por la cual se aprueba el Tratado de Límites celebrado entre Panamá y Costa Rica, de 1 de mayo de 1941.

- Acta de La XII Reunión de La Comisión Mixta Permanente de Límites Entre Costa Rica Y Panamá; celebrada en el Cantón de Corredores, Provincia de Puntarenas, Costa Rica, el 12 y 13 de agosto de 2014.

- Acta de La XIII Reunión Ordinaria de La Comisión Mixta Permanente de Límites Entre Panamá Y Costa Rica; celebrada en Ciudad de Changuinola, Panamá, el 15 y 16 de octubre de 2015.

- Acta de la XV Reunion Extraordinaria de La Comisión Mixta Permanente de Límites Entre Panamá Y Costa Rica; celebrada en San José, Costa Rica, el 19 y 20 de noviembre de 2018.

- Informe del Límite Internacional en El Sector I "Sixaola"; Autores: Instituto Geográfico Nacional – Costa Rica e Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" – Panamá. Impreso por el I.G.N.T.G. en 2012.

- Oficio del director del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica, Federico Gutierrez Braun al IAGS- en el año 1963.

IX. ANEXOS

ANEXO A: Coordenadas de los hitos fronterizos respecto al Acta General de la Comisión demarcadora de Límites entre Panamá y Costa Rica.

Nº	Nombre	Clase	Latitud	Longitud	Altitud metros
1 P	Boca del Sixaola	1ª	9-34-12	82-33-14.5	2.16
1 C	Boca del Sixaola	1ª	9-34-22	82-33-27	2.75
31 P Puente .	Guabito	1ª	9-30-06	82-36-21.5	7.80
29 C Puente .	Sixaola	1ª	9-30-12	82-36-24	7.85
71 P	Boca del río Yorkín . . .	1ª	9-34-02.5	82-52-31.5	66.4
79 C A	Boca del río Yorkín . . .	1ª	9-33-47	82-52-38	76.7
Punto H-P . .	Brákicha	1ª	9-30-00	82-50-00	87.2
Punto H-CP .	Brákicha	1ª	9-30-00	82-50-02	87.2
Punto I . . .	Namú Uóki	1ª	9-28-33	82-56-10	581
Punto A . . .	Sin hito fundamental . . .	..	.....	82-56-10	.....
372	Referencia del punto A . .	3ª	.....	.....	2607
360	Cerro Echandi	3ª	9-01-45	82-49-25	3163
342	Cerro Pando	2ª	8-55-16.5	82-42-56.5	2441
304	La Unión	1ª	8-50-22.5	82-52-31.5	1020
260	Cañas Gordas	2ª	8-44-43	82-55-16.5	1175
194	Paso de Canoas	2ª	8-33-58.5	82-49-33.5	280
80	Finca Doce o Roble . . .	2ª	8-24-28	82-57-27	52
36	Guanábano	2ª	8-14-59	82-56-18	180
2	Punta Burica	1ª	8-02-18	82-54-12.5	20

ANEXO B: Reporte de ajuste GNSS de los datos levantados en el Sector II.

Informe de ajuste de red

Estadísticas del ajuste

Número de iteraciones para un ajuste exitoso:	2
Factor de referencia de red:	0.89
Prueba de chi al cuadrado (95%):	Pasado
Nivel de confianza de la precisión:	95%
Grados de libertad:	26

Estadísticas de vectores con postprocesamiento

Factor de referencia:	0.89
Número de redundancias:	26.00
Escalar a priori:	1.00

Límites de punto de control

ID de punto	Tipo	Este σ (Metro)	Norte σ (Metro)	Altura σ (Metro)	Elevación σ (Metro)
DAVI	Global	Fijo	Fijo	Fijo	
LIMN	Global	Fijo	Fijo	Fijo	
NEIL	Global	Fijo	Fijo	Fijo	
Fijo = 0.000001(Metro)					

Coordenadas de cuadrícula ajustadas

ID de punto	Este (Metro)	Este Error (Metro)	Valor norte (Metro)	Valor norte Error (Metro)	Elevación (Metro)	Elevación Error (Metro)	Límite
Brackicha	297871.382	0.003	1050340.366	0.009	86.510	0.061	
DAVI	342148.412	?	931624.546	?	53.068	?	LLh
LIMN	277870.681	?	1105330.590	?	15.431	?	LLh
Namu Uoki	286627.398	0.004	1047729.127	0.007	584.423	0.024	
NEIL	286040.246	?	956079.139	?	52.455	?	LLh

Coordenadas geodésicas ajustadas

ID de punto	Latitud	Longitud	Altura (Metro)	Altura Error (Metro)	Límite
Brackicha	N9°29'49.34614"	O82°50'28.50605"	99.011	0.061	
DAVI	N8°25'31.70488"	O82°26'01.68860"	67.210	?	LLh
LIMN	N9°59'35.13237"	O83°01'34.92426"	25.040	?	LLh
Namu Uoki	N9°28'22.37481"	O82°56'36.61471"	597.653	0.024	
NEIL	N8°38'39.67436"	O82°56'39.80314"	66.520	?	LLh

Coordenadas ECEF ajustadas

ID de punto	X (Metro)	X Error (Metro)	Y (Metro)	Y Error (Metro)	Z (Metro)	Z Error (Metro)	3D Error (Metro)	Límite
Brackicha	784026.108	0.008	-6242346.627	0.059	1045437.948	0.014	0.061	
DAVI	830823.949	?	-6254882.410	?	928363.140	?	?	LLh
LIMN	762717.327	?	-6235556.486	?	1099500.450	?	?	LLh
Namu Uoki	772999.033	0.004	-6244661.005	0.024	1042884.445	0.009	0.026	
NEIL	774610.352	?	-6258471.532	?	952303.086	?	?	LLh

Componentes de la elipse de error

ID de punto	Semieje mayor (Metro)	Semieje menor (Metro)	Acimut
Brackicha	0.011	0.004	172°
Namu Uoki	0.008	0.005	168°

ANEXO C: Cálculo de la línea geodésica de Bráckicha "H"- CP a Bráchicha (121P-119C).

Output from FORWARD

```
Ellipsoid : GRS80 / WGS84  (NAD83)
Equatorial axis,    a   =    6378137.0000
Polar axis,         b   =    6356752.3141
Inverse flattening, 1/f =  298.25722210088

First  Station : Brackicha H- CP
 ----------------
  LAT =   9 29 49.34614 North
  LON =  82 50 28.50605 West

Second Station : Brackicha (121P-119C)
 ----------------
  LAT =   9 29 49.67136 North
  LON =  82 50 27.13040 West

Forward azimuth        FAZ =  76 36 19.2164 From North
Back azimuth           BAZ = 256 36 19.4434 From North
Ellipsoidal distance     S =        43.1320 m
```

NGS HOME PAGE