



<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

# SABERES GEOMÉTRICOS EN LA CHAKANA ANDINA

## *Geometric Knowledge in the Andean Chakana*

MARCO VINICIO VÁSQUEZ BERNAL<sup>1</sup>  
JUAN CARLOS SOLANO CHUMA<sup>2</sup>

Recibido: 19 de diciembre de 2024. Aceptado: 8 de enero de 2025

DOI: <https://doi.org/10.21017/rimci.1129>

### RESUMEN

Este trabajo tiene como propósito presentar el significativo conocimiento que está presente en la Chakana andina, recalcando que se encuentra en el objeto. Gracias a un estudio pormenorizado del objeto se ha podido identificar ciertos elementos que evidencian el avanzado conocimiento de quienes plasmaron esos conceptos. La Chakana, su razón de ser y su mensaje constituirán enigmas que invitan a proponer respuestas en muchos sentidos, este trabajo se limita a una explicación breve de su significado cultural para luego desarrollar un análisis de sus características. De forma directa se explicará como en sus trazos está presente un valor del número pi y como la Chakana en su construcción permite obtener razones que a su vez determinan el cálculo de la longitud de una circunferencia o el área de un círculo. Sin duda, este trabajo ha permitido evidenciar como los pueblos de los Andes entendieron su entorno y plasmaron su conocimiento en formas concretas, que se explican por sí mismas y merecen más investigación.

**Palabras clave:** Chakana andina; Geometría ancestral; Cosmovisión andina; Número pi andino; Cuadratura del círculo.

### ABSTRACT

This paper aims to present the significant knowledge embedded in the Andean Chakana, emphasizing that it is contained within the object itself. Through a detailed study of the object, certain elements have been identified that reveal the advanced understanding of those who conceived these concepts. The Chakana—its purpose and its message—remains an enigma that invites interpretations in many directions. This work limits itself to a brief explanation of its cultural meaning, followed by an analysis of its characteristics. It will be directly explained how a value of the number pi is present in its design and how the construction of the Chakana allows for the derivation of ratios that determine the calculation of a circle's circumference or area. Without a doubt, this study has shown how the peoples of the Andes understood their environment and expressed their knowledge in concrete forms that speak for themselves and deserve further investigation.

**Keywords:** Andean Chakana; Ancestral geometry; Andean worldview; Andean pi value; Squaring the circle

## I. INTRODUCCIÓN

LA CHAKANA ANDINA, siendo un objeto material guarda en sí mucho conocimiento, mismo que no ha sido valorado plenamente, a pesar del esfuerzo de varios autores que han intentado

explicarlo con clarísimos fundamentos, se ha asumido que el apasionamiento de dichos autores intenta extralimitar su valor. En este trabajo se intenta presentar una comparación con un problema geométrico que ha estado presente desde hace 4000 años en la humanidad, la famosa cuadratura del

- 
- 1 Matemático, mención estadística. Magíster en Gerencia Empresarial (MBA). Magíster en Investigación para el Desarrollo Educativo. Diploma Superior en Práctica Docente Universitaria y Especialista en Educación Universitaria. Actualmente, catedrático de la UNAE (Universidad Nacional de Educación de Ecuador). Miembro del Consejo editorial de la UNAE. Miembro del Consejo Editorial de la revista Mamakuna. Delegado Embajador de Ecuador en el Parlamento Internacional de Educación. Columnista de El Heraldo del Cañar y de Ecuadoruniversitario.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7152-0685> Correo electrónico: marco.vasquez@unae.edu.ec
  - 2 Coordinador de la unidad de Investigación del Instituto Superior Pedagógico Intercultural Bilingüe Quilloac regentada por la Secretaría de Educación Superior, Ciencia Tecnología e Innovación (SENESCYT); docente de la carrera tecnológica "Tecnología Superior en desarrollo infantil". Instituto Superior Pedagógico Quilloac Bilingüe Intercultural ISPEDIB-Q. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3918-368X> Correo electrónico: jsolano@institutoquilloac.edu.ec

círculo, mostrando que los pensadores de los andes también abordaron esa problemática y plantearon una respuesta en un objeto, la CHAKANA, proponiendo un proceso práctico para presentar su respuesta, un proceso activo donde quien lo desarrolla se introduce en ese conocimiento y lo asimila desde sus sentidos. Esta investigación valora la riqueza cultural de este conocimiento respetándolo en su forma holística e integral, profundiza y analiza el aspecto matemático, particularmente geométrico logrando resultados que evidencian la sabiduría de quienes concibieron este objeto.

## II. DESARROLLO

### La chakana: uso y significado en los pueblos indígenas de los andes

¿Qué significado tiene la Chakana para los pueblos andinos? la Chakana en la cultura andina se le considera como un símbolo polisémico, debido a que, con base a los diferentes pensamientos e ideologías puede tener un significado diferente. Por este motivo, se menciona qué la Chakana para el mundo andino es considerado como un todo, dado que, representa diferentes perspectivas del pensamiento andino que son aplicables hasta la actualidad.

La chacana tiene una antigüedad aproximada de 4000 años, el ícono más antiguo fue encontrada en el sitio arqueológico de Miraflores, ubicado en el distrito de Aucallama, provincia de

Huaral, Perú[1]. La palabra Chakana significa puente en lo alto; transparencia; paso a otra dimensión[2]. La palabra *chakana* tiene mucho significado y es necesario ahondar en el tema para una mejor comprensión.

Su origen proviene de la constelación denominada de manera popular como: cruz del sur (crux), esta constelación fue escrita en la literatura occidental por el conquistador, navegante español *Vicente Yáñez Pinzón* en el año 1499[3]. El día de la chakana se celebra el 3 de mayo, debido a que en esa fecha se puede divisar en el espacio la cruz de manera clara y nítida a diferencia de otras fechas del año, esta zona está formada por las estrellas Alpha, Beta, Gamma centauri y Omega. Los Incas durante esta fecha celebraban la temporada de cosecha y el inicio de un nuevo ciclo de vida (Fig. 1).

Según Juan de Santa Cruz Pachakutek, establece que la línea vertical de la cruz del sur divide e indica el principio de la dualidad, en el extremo derecho se ubica el sexo masculino y en el izquierdo el sexo femenino. En la división de la línea horizontal, establece que es la dimensión de los seres sobrenaturales, conocidos como dioses y en la parte inferior de la línea se encuentra la humanidad, seres naturales.

Para continuar profundizado el tema, se dividirá la descripción de los preceptos más importantes que a nivel de la sabiduría andina son empleados en relación a nuestro objeto de estudio:



**Fig. 1** Nebulosa oscura Saco de Carbón junto a la cruz del sur. Nota: En esta constelación se puede apreciar las estrellas Alpha, Beta, Gamma centauri y Omega, la misma que la conocemos en el mundo andino como la cruz del sur – chakana [4].

### A. Conexión entre el mundo material y espiritual

Como ya se mencionó en el párrafo anterior, para el pensamiento andino, la Chakana representa un puente entre las cuatro dimensiones. En primer lugar, se describirá el Hanan Pacha, conocido como el mundo superior o celestial, este cuadrante representa a los dioses, es el espacio donde habita Wiracocha, Pachakamak, Tayta Inti, Mama killa.

Se la representa en el siguiente cuadrante (Fig. 2).

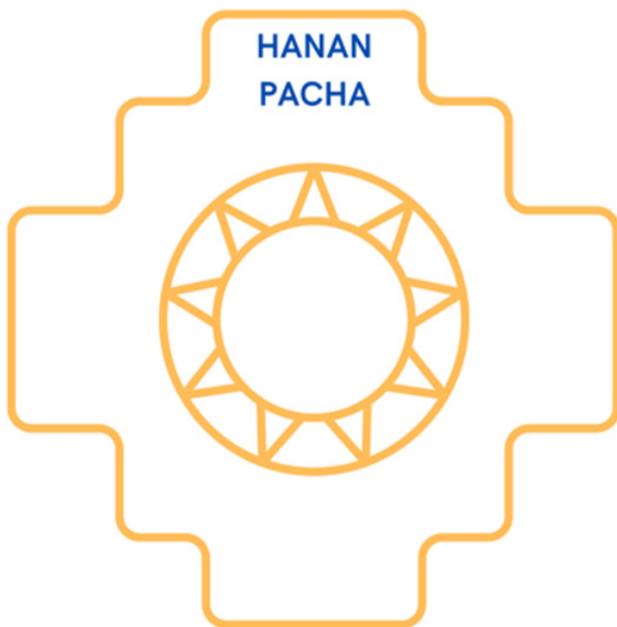


Fig. 2. Ubicación del Hanan pacha en la Chakana.  
 Fuente: autores.

El segundo, Hawa pacha, este cuadrante pertenece al espacio del mundo superior en donde podemos sentir el aire; donde las aves vuelan; espacio donde se encuentran las nubes considerado como un elemento esencial para el ciclo agrícola. A nivel de la cordillera de los Andes, este lugar es representado por el cóndor, este espacio está ubicado en el siguiente cuadrante (Fig. 3).

Tercer cuadrante, Kay Pacha, es nuestro mundo terrenal o actual, es nuestro accionar del presente; en donde la familia del mundo andino se desarrolla para un existir complementario; el kay pacha hace referencia a lo conductual de cada ser humano, donde las acciones crean o materializan el mundo (Fig. 4).



Fig. 3. Ubicación del hawa pacha en la Chakana. Fuente: autores.



Fig. 4. Ubicación del kay pacha en la Chakana. Fuente: autores.

Cuarto, Uku pacha, este espacio se relaciona con nuestras emociones internas, sentimientos, pensamientos. Además, hace referencia al inframundo; en donde es el habitat de los microorganismos; en este espacio se encuentra el Dios conocido como Supay, a este mundo también pertenecen los duendes; la lava volcánica; cuevas; lugares en donde la luz natural no penetra (Fig. 5).



Fig. 5. Ubicación del uku pacha en la Chakana. Fuente: autores.

### B. El ciclo de la vida y la naturaleza

La Chakana también ha sido empleada para indicar los cuatro puntos cardinales, como antisuyu<sup>1</sup>, chinchansuyu<sup>2</sup>, continsuyu<sup>3</sup>, collasuyu<sup>4</sup>, los incas lo empleaban para determinar la ubicación geográfica de su imperio, se cree que cada uno de los cuadrantes representa un punto cardinal, es necesario mencionar que el imperio inca estaba conformado por el gran Tawantinsuyu, el mismo que comprendía los cuatro suyus[5] (Fig. 6).

Además, la Chakana se relaciona con las cuatro etapas de la vida humana: infancia, juventud, adultez, vejez y con los cuatro elementos esenciales de la naturaleza: agua, aire, tierra y fuego (Fig. 7).

El aire, simboliza la comunicación, el pensamiento y la libertad; representa lo intangible; el puente de conexión entre el cielo y la tierra, como el aliento que da vida o el viento que trae cambios. El fuego, es el elemento del cambio, la energía y la transformación; representa tanto la destrucción como la regeneración, siendo una fuerza que impulsa el

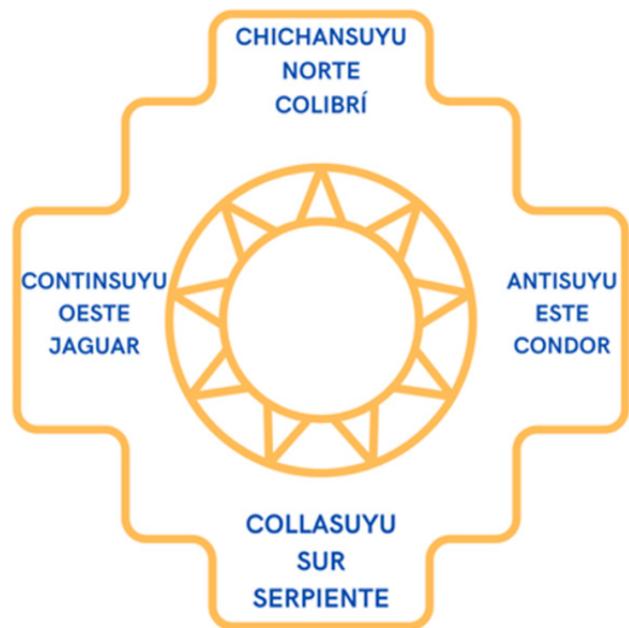


Fig. 6. Ubicación de los cuatro suyos en la Chakana.

*Nota:* En la imagen se puede apreciar la ubicación de los puntos cardinales, en cada uno de los puntos se lo representaba con un animal totémico del lugar, recordemos que el gran Tawantinsuyu estaba conformado por los actuales países: Norte: Ecuador y norte de Perú; Este: selva peruana y boliviana; Sur: Bolivia, norte de Chile y noroeste de Argentina; Oeste: la costa sur del Perú[6].

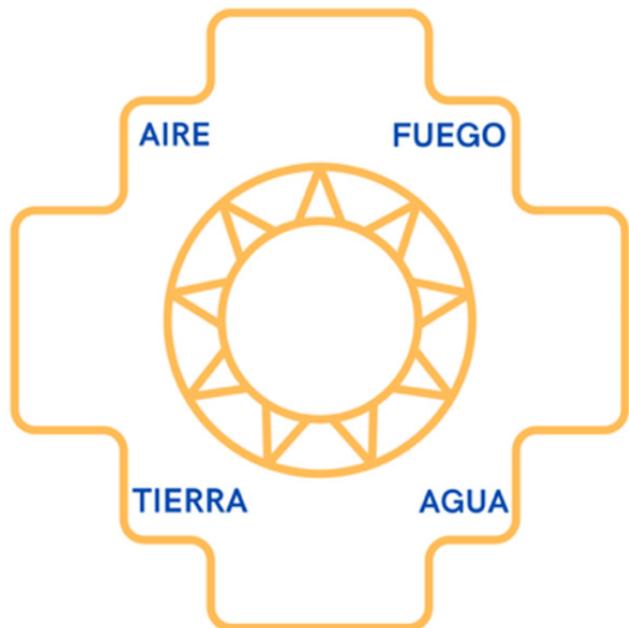


Fig. 7. Ubicación de los elementos en la Chakana. Fuente: autores.

1 Antisuyu: Este  
2 Chinchansuyu: Norte  
3 Continsuyu: Oeste  
4 Collasuyu: Sur

progreso y la creatividad[7]. Tierra, representa la estabilidad, lo físico y el mundo material. Está asociada con la fertilidad; el sustento y la vida. En muchas culturas, se le considera la base sobre la que todo se construye y un símbolo de permanencia y seguridad. Agua, es el elemento de la fluidez, la renovación y las emociones. Está relacionado con la purificación, la vida y los ciclos de cambio, como los ríos que fluyen y renuevan constantemente el paisaje[7].

### C. Equilibrio y armonía

Para los pueblos andinos, la Chakana es también un símbolo de equilibrio y armonía entre los seres humanos, la naturaleza y los dioses. Representa la unidad de todos los elementos del universo y el respeto por los ciclos naturales. Un concepto predominante es el principio de la dualidad, comprendiendo a la misma como diferentes formas de energías que se complementan la una con la otra, que al final se unifican y crean una sinergia para impulsar los diferentes propósitos de la vida. Donde conceptos opuestos se complementan para formar un todo armonioso.

Por tal motivo, al gran Tawantinsuyo se la consideraba como estados complementarios, cuyo centro u ombligo fue el gran Qorikancha<sup>5</sup> ubicado en Qosco, a este espacio se la considera el centro que unifica los demás estados del Tawantinsuyo mediante líneas conectoras que los Incas la denominaban Seques, estas líneas vinculaban a los centros de poder (Wakas) ubicados en diferentes lugares del gran estado[8]. En la actualidad a estas líneas unificadoras las conocemos como el camino del Inka (Fig. 8).

### D. Relación de la chakana con el ciclo agrícola

La Chakana se asocia con el Sol y sus ciclos solares, debido a que la Chakana simboliza la conexión entre el mundo humano (Kay Pacha), el mundo celestial o espiritual (Hanan Pacha) y el mundo interior o subterráneo (Uku Pacha), todos regidos por los ciclos solares que determinan el tiempo, las estaciones y la agricultura. Los pueblos andinos fueron muy observadores de las es-

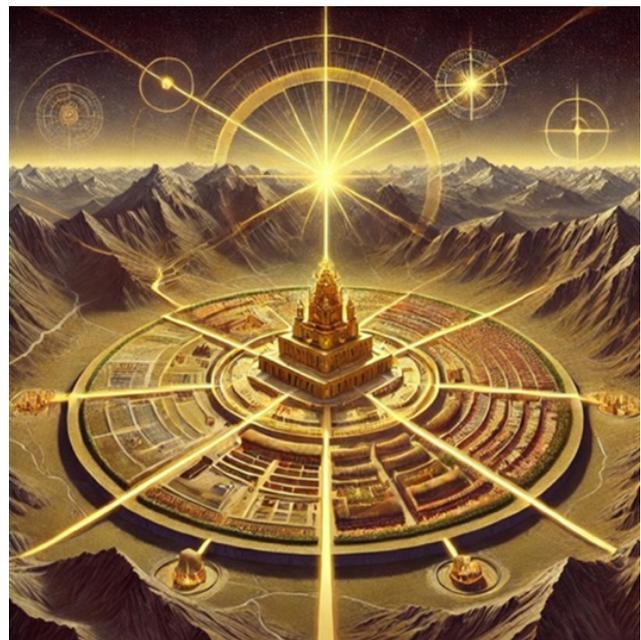


Fig. 8. Ilustración del Qorikancha. Nota: Representación del Qorikancha basada en el concepto y la filosofía andina en relación con su significado, Fuente: autores.

trellas y los movimientos del Sol, como lo afirma Quijano: "las Pléyades<sup>6</sup> fueron observadas por los incas con el fin de pronosticar las lluvias esenciales para los cultivos"[9], por tal motivo, disponían de grandes observatorios ubicados en diferentes puntos del Tawantinsuyu, así, se establece que en base a los astros, los Incas establecían el pronóstico del clima, si las estrellas brillaban mucho, se pronosticaba un año sin sequías. Además, los incas utilizaban la posición de la Cruz del Sur para establecer su calendario agrícola. Ellos observaban cómo la constelación cambiaba de posición en el cielo a lo largo del año, lo que les ayudaba a determinar el inicio y fin de las temporadas agrícolas[9]. Por tal motivo, cerca de sus cultivos disponían de un montículo ceremonial que lo empleaban como observatorios astronómicos y que les ayudaba a predecir la temporada propicia para el inicio de los cultivos[10].

### Usos que se le atribuyen a la Chakana en la cultura Cañari

Los Cañaris consientes de la filosofía encapsulada en la Chakana y la sabiduría que la misma

<sup>5</sup> Qorikancha: recinto de Oro; templo del sol

<sup>6</sup> Pléyades: significa cumulo de estrellas

provee para los pueblos andinos, en la época actual, emplean a la Chakana como un elemento primordial para el desarrollo de rituales de iniciación en eventos públicos y privados de trascendencia. Uno de los eventos más importantes es el desarrollado en el mes de diciembre, debido a que coincide con la celebración del Kapak Raymi. Esta celebración se desarrolla durante el solsticio de invierno, el mismo que, inicia el 21 de diciembre, durante esta época los agricultores y las comunidades agrícolas experimentan una intensificación de la actividad agrícola, debido a que los cultivos alcanzan su pico de crecimiento y comienza la maduración en la mayoría de los casos, por tal motivo, el ritual del Kapak Raymi tiene la finalidad de generar una petición al gran Pachakamak para que los brotes de las plantas tengan un buen porvenir y rindan una excelente producción a futuro.

De la misma manera, los nativos de las comunidades indígenas del cantón Cañar, realizan rituales propositivos en donde, emplean la simbología de la Chakana como centro de concentración que permite abrir la mente mediante la introspección.

En este ritual el individuo se desase de los pensamientos negativos; rencores; malos deseos; para iniciar un nuevo ciclo o etapa de vida. En un segundo momento del ritual el individuo establece nuevos caminos; metas; deseos y peticiones para cumplirlo en un determinado periodo de tiempo. De esta manera, el Yachak, conocedor de la filosofía y las energías proveídas por la Chakana orienta a la población para el desarrollo de su vida.

### Estructura matemática de la chakana

La forma de la Chakana responde geoméricamente a formas simples, cuadrados y rectángulos, donde el elemento principal es el ángulo recto, aunque no existe una explicación de cómo hace más de 4000 años los habitantes de los Andes ya eran capaces de construirlos con una exactitud asombroso.

Se observa que una Chakana está constituida sobre cinco cuadrados ubicados en forma de cruz a esta figura se le conoce como cruz cuadrada (Fig. 10).



**Fig. 9.** Ritual de sanación. *Nota:* En la imagen se puede apreciar un centro de energía realizado en base al símbolo de la Chakana, este espacio es considerado como un centro de poder para el desarrollo de rituales de sanación, está ubicado en la comuna Quilloac, sector Punkuloma. La foto fue tomada durante el ritual del Kapak Raymi en donde se emplearon de manera complementaria los diferentes elementos de la naturaleza como, sal marina, fuego, tierra, agua, aire. Este espacio fue diseñado y construido por el Yachak Marco Pichazaca quien es considerado un sanador y líder de la comunidad. Foto: autores.

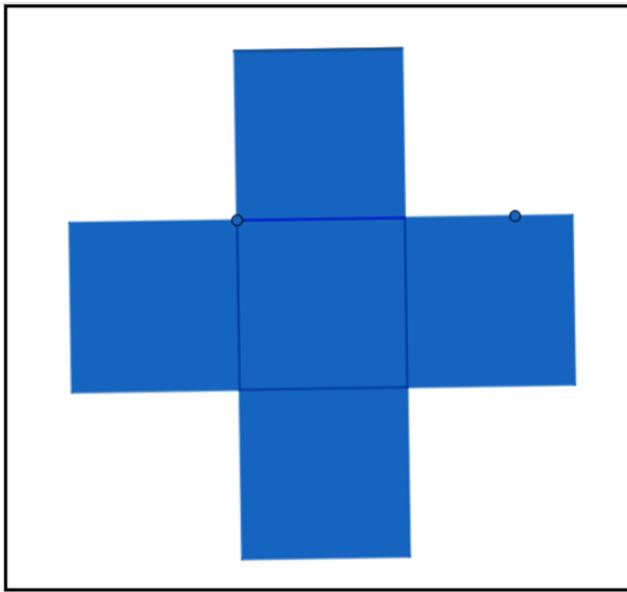


Fig. 10. Cruz Cuadrada.

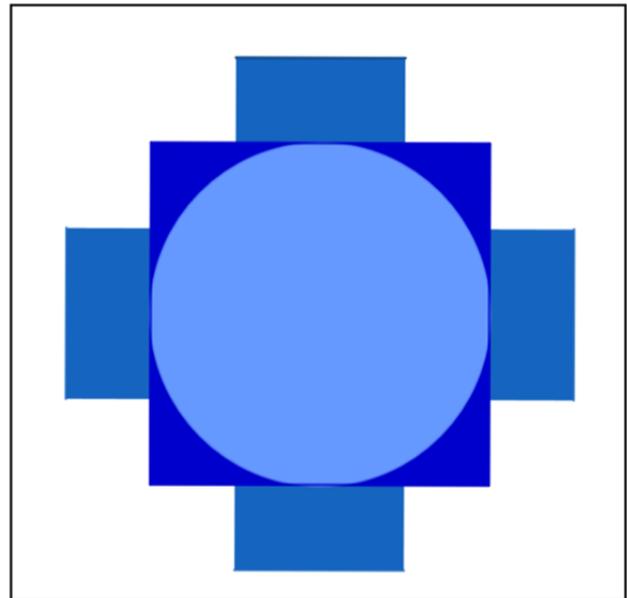


Fig. 12. Chakana.

Luego, con base de unir puntos medios de los lados de los cuadrados exteriores se forma un nuevo cuadrado que se sobrepone a la cruz cuadrada (Fig. 11).

Por último, se construye un círculo circunscrito al cuadrado construido en el paso anterior y se tiene la Chakana (Fig. 12).

### El misterio de la construcción de ángulos rectos

En la Chakana es posible determinar veinte ángulos rectos, y de lo observado en los objetos encontrados que llegan a datar 4000 años de antigüedad (Fig. 13) o en las construcciones del Tiahuanaco (Fig. 14), esos ángulos son de asombrosa precisión.

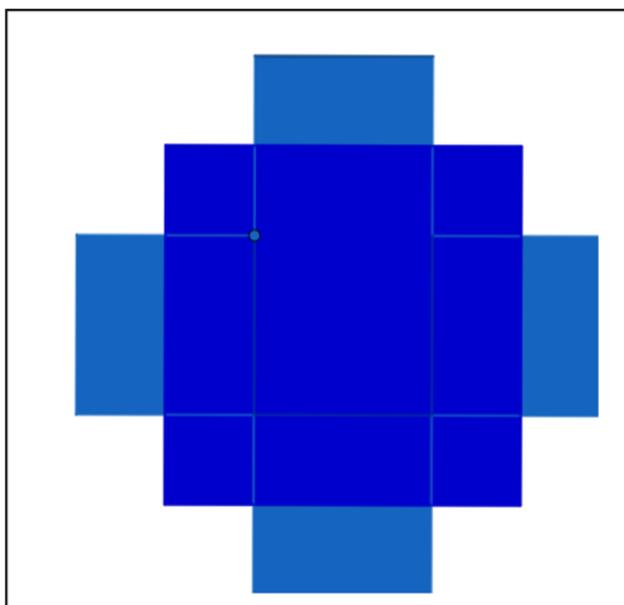


Fig. 11. Cruz cuadrada con cuadrado superpuesto.



Fig. 13. Chakana encontrada en Huaral, Perú, 2023, se le atribuye una antigüedad de al menos 4000 años.



Fig. 14. Cruz cuadrada tallada en una de las paredes del complejo arqueológico Tiahuanaco de Bolivia.

No se conoce exactamente el procedimiento que se utilizó para realizar estos ángulos rectos por tanto no se puede descartar que para ello se utilizó alguna técnica similar a la que se usó en la antigüedad en otras geografías y que derivó en el famoso teorema de Pitágoras.

### Construcción práctica de la Chakana

La forma de la Chakana es de construcción fácil sobre papel o la pantalla de un ordenador con la ayuda de herramientas modernas como el Geogebra, sin embargo, es preciso recordar que esa construcción se hacía antiguamente en el terreno por lo

que autores como Milla[1] proponen un proceso para su construcción.

Debe indicarse aquí que en este proceso se planteará la construcción de cuadrados, que se fundamentan en la construcción de ángulos rectos, como ya se ha dicho no se tiene claro como construían ángulos rectos (Fig. 15).

El proceso es el siguiente:

- Con un lado dado se construye un cuadrado, se determina su centro, se determina un círculo cuyo centro coincide con el centro del cuadrado y cuyo radio es la mitad de la diagonal, luego se construye un cuadrado que circunscriba al círculo construido y cuyos lados sean paralelos al cuadrado inicial, consecuentemente si el lado del cuadrado inicial es  $l$ , el lado del nuevo cuadrado será  $\sqrt{2}l$ .
- Partiendo del resultado del paso a y manteniendo paralelos los lados de los cuadrados, se repite el proceso y se construye un nuevo cuadrado, consecuentemente este nuevo cuadrado tendrá un lado de longitud  $\sqrt{2}l$ .
- En este paso, nuevamente se repite el proceso y se obtiene un cuadrado de lado  $2\sqrt{2}l$ .
- Se repite el proceso construyéndose un cuadrado cuyo lado es  $4l$ , en este en su centro se traza el círculo que se construyó en el paso a. En este cuadrado se construirá la Chakana.
- Se traza una tangente a este círculo que corte con el lado superior del cuadrado con un ángulo recto y se determina el corte entre la

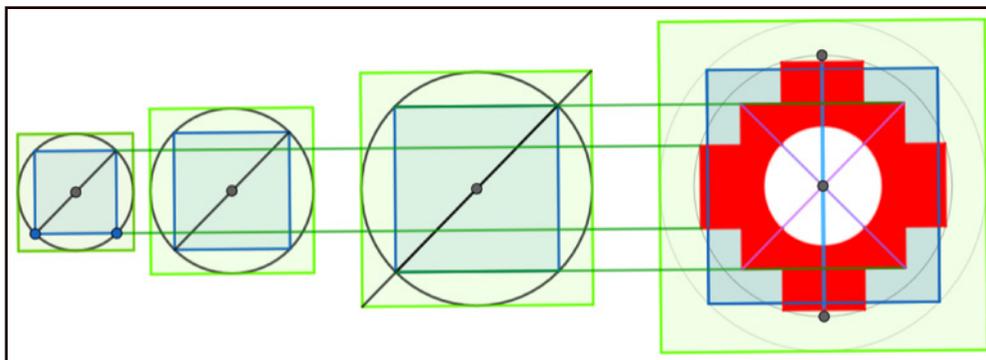


Fig. 15. Proceso de construcción práctico de una Chakana.

tangente y la prolongación del cuadrado construido en c.

- f. Se traza un círculo que pase por el punto determinado y que cuyo centro coincida con el del cuadrado.
- g. Se prolongan los lados del cuadrado inicial, los cortes de estas prolongaciones con el círculo construido en el paso anterior constituyen cuatro vértices externos de la cruz cuadrada.
- h. Si se trazan las perpendiculares a los puntos de corte entre el círculo reproducido en este paso, sus cortes con el ultimo trazado determinan los otros cuatro vértices externos.
- i. Los vértices internos están ya determinados por los cortes de la prolongación de los lados y el círculo reproducido.
- j. El cuadrado que sobrepone a la cruz cuadrada es una copia del cuadrado que se construyó en b.

Este proceso constituye una forma práctica de construir una Chakana.

Este proceso puede realizarse sobreponiendo las construcciones (Fig. 16), proceso que resulta mucho más útil cuando el objetivo es construir una Chakana en una superficie (Fig. 17).

### Resultados del análisis geométrico de la forma de la Chakana

Limitándose a la forma geométrica de la Chakana se dice que la misma cumple las siguientes características (Fig. 18):

- Tiene como base en la forma de la cruz cuadrada cuya longitud del lado es el triple del ancho.
- La longitud del ancho de la cruz constituye la dimensión básica para la construcción de la Chakana.
- En su centro se sobrepone un cuadrado sobrepuesto en su centro cuyo lado es el doble del ancho del lado de la cruz.

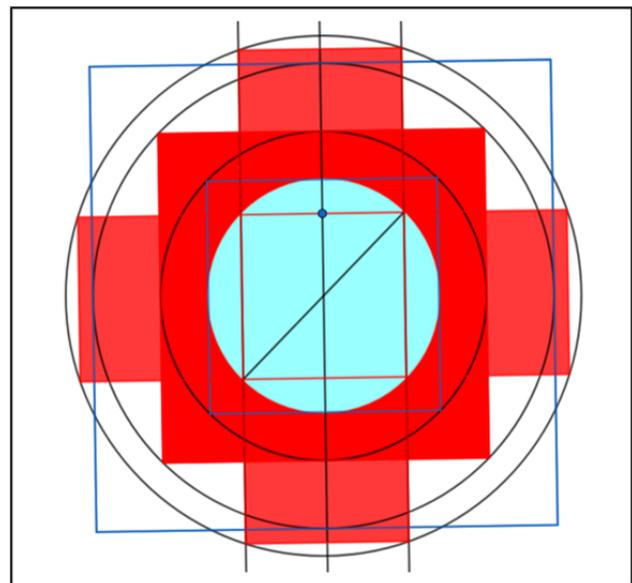


Fig. 16. Construcción de una chakana en un espacio dado.



Fig. 17 Chakana construida en la parroquia General Morales del Cantón Cañar.

- En el centro de la Chakana se construye un círculo cuyo radio es la longitud del ancho de la cruz multiplicado por  $\sqrt{2}$ .
- En total la Chakana tiene doce vértices formados por ángulos rectos interiores a la Chakana.
- Se tiene también ocho vértices formados por ángulos rectos exteriores a la Chakana.

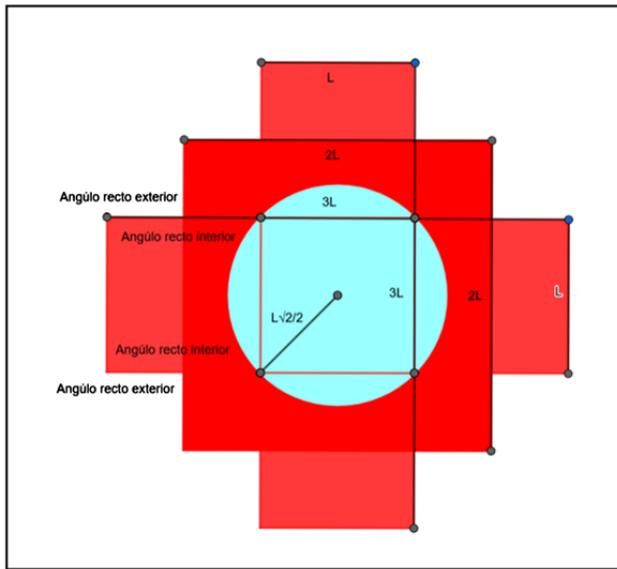


Fig. 18. Características geométricas de la Chakana.

### El PI andino

De la construcción geométrica de la Chakana surge un valor muy semejante al valor del famoso número pi. De las características presentadas se tiene que en la cruz cuadrada que sirve de base se forma un rectángulo donde el lado mayor es tres veces la longitud del lado menor, si se designa como R al lado menor, al lado mayor se designará como 3R.

Si se traza la diagonal a ese rectángulo, se formarán dos triángulos rectángulos donde dicha diagonal es la hipotenusa de dichos triángulos (Fig. 19).

Aplicando el teorema de Pitágoras se tiene que:

$$\begin{aligned} \text{Valor de Diagonal} &= \sqrt{(R)^2 + (3R)^2} \\ &= \sqrt{R^2 + 9R^2} \\ &= \sqrt{10R^2} \\ &= \sqrt{10} R \end{aligned}$$

Ahora, si se divide ese valor para la longitud de lado menor del rectángulo se tendrá:

$$\frac{\sqrt{10} R}{R} = \sqrt{10}$$

Este valor de  $\sqrt{10}$  es igual a 3,162277... resulta un valor cercano al valor del  $\pi$  que es 3,141592...,

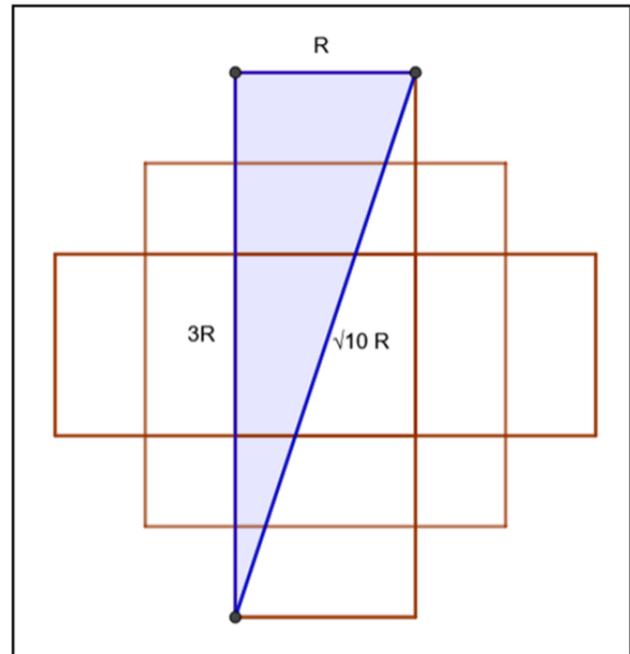


Fig. 19. Determinación del valor de la diagonal interna a los rectángulos que forman la cruz cuadrada.

resultando que este valor, al que se denomina como pi andino excede al valor de pi en un 0,65%.

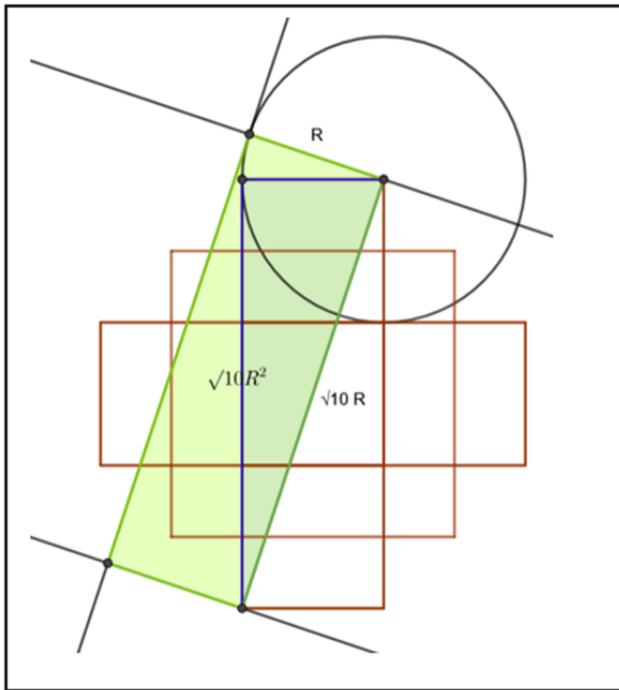
### La Chakana, una forma de cuadraturar al círculo

Uno de los desafíos que ha intrigado a los matemáticos y filósofos de la historia de la humanidad ha sido aquel que intenta encontrar para un círculo dado, un cuadrado cuya área sea igual a la del círculo dado, a esto se le conoce como la **cuadratura del círculo**.

Este problema, que lo han tratado los más prestigiosos matemáticos y filósofos se ha constituido en uno de los tres problemas clásicos de la matemática antigua (Fig. 20).

En 1882 el matemático alemán Ferdinand Von Lindemann concluyó que la cuadratura del círculo es imposible mediante la demostración de que el número  $\pi$  (pi) es un número trascendental, es decir el número  $\pi$  (pi) no puede representarse gráficamente.

Es decir, quienes lo han abordado han generado respuestas que no llegan a responder con exactitud este problema, siempre han propuesto aproximaciones, una con mayor exactitud que otras.



**Fig. 20.** Construcción de rectángulo sobre la diagonal de la cruz cuadrada.

Así, lo que se puede encontrar en la literatura es que 1900 a. C. los egipcios presentaron una propuesta asignando a pi el valor de  $28/34$  que es 3.1605, luego se planteado otras propuestas, la mayoría de ellas recurriendo a fracciones o números explícitos con decimales.

El matemático Chang Hong de China por el año 300 d. C. y Brahmagupta de la India en el año 600, propusieron  $\sqrt{10}$  como valor de pi[11].

Por lo tanto, la Chakana construida hace al menos 4000 años incorpora en forma ese valor y lo hace de forma concreta, posibilitando incluso un rectángulo con área muy semejante a la del círculo dado.

Para explicar esto es preciso retomar lo que expuesto en la figura 10, donde esa diagonal encontrada de valor  $\sqrt{10} R$  puede servir de lado mayor para construir otro rectángulo cuyo lado menos sea nuevamente  $R$ , lo que implica que el área de este nuevo triangulo será  $\sqrt{10} R^2$ .

Si se construye el círculo de radio  $R$  su área será  $\pi R^2$ .

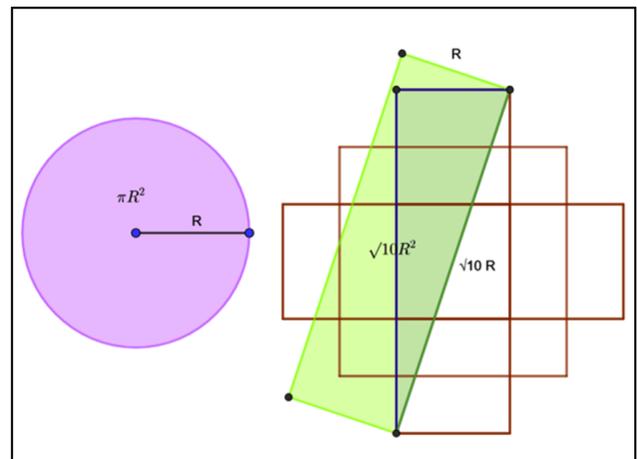
Comparando los dos resultados:

Área construida con la Chakana  $3,162277 R^2$

Área calculada con el valor de pi  $3,141592 R^2$

Donde el área construida excede al calculo en un 0,6 %

Así por ejemplo si se tiene un círculo de radio 10 cm, el área calculada con el valor de pi será de  $314,159 \text{ cm}^2$  y el área construida con la Chakana será de  $316,228 \text{ cm}^2$ . (Fig. 21).



**Fig. 21.** Comparación entre el área del círculo y el área del rectángulo construido con la Chakana, aproximación del 99,34%.

Consecuentemente, la Chakana permite construir de forma práctica un rectángulo cuya área resulta muy aproximada a la de un círculo dado.

### Cálculo de la circunferencia en la Chakana

De lo presentado anteriormente surge un resultado adicional, esto es que la longitud de las diagonales de la cruz cuadrada que constituye la Chakana es muy aproximada a la longitud de la semicircunferencia del círculo inicial (para el que se construyó la Chakana).

Esto se observa claramente en la Fig. 21, la longitud de la mentada diagonal es  $\sqrt{10} R$  mientras que el valor de la longitud del semicírculo es  $\pi R$ , comparando los dos valores serian  $3,141592 R$  y  $3,162277 R$ , valores muy aproximados al igual que el caso de las áreas.

### III. RESULTADOS OBTENIDOS

De lo presentado se puede afirmar que:

- Para un círculo de radio  $R$ , es posible construir una Chakana que determina, en la diagonal de su cruz cuadrada una longitud semejante al producto  $\pi R$ .
- Si se construye un rectángulo cuyo lado mayor sea de longitud igual al de la diagonal del rectángulo de la cruz cuadrada y su lado menor sea igual a un radio del círculo, el área de este rectángulo excederá en un 0,6 % al área del círculo de radio  $R$ .
- La longitud de la diagonal del rectángulo construido en los rectángulos de la cruz cuadrada excede en 0,6% a la longitud de la semicircunferencia de radio  $R$ .

### REFERENCIAS

- [1] C. Milla, *El símbolo sagrado de la chakana: El puente entre lo cósmico y lo humano*. Cuzco, Perú. 2005.
- [2] A. Sánchez & R. Eleazar, *Aproximaciones a las realidades del pensamiento agro-astronómico en el distrito de Huando*, Huancavelica. Huando, Perú. 2020.
- [3] J. Guerrero, *tayabeixo*. Constelación Cruz del Sur. 2024. [https://www.tayabeixo.org/constelaciones/Constelacion\\_Cruz.htm](https://www.tayabeixo.org/constelaciones/Constelacion_Cruz.htm)
- [4] S. Brunier, Observatorio europeo austral. Obtenido de El Saco de Carbón y la Cruz del Sur. 2009. <https://www.eso.org/public/images/?search=cruz+del+sur>
- [5] Nativo America. Nativo américa. Obtenido de Chakana y sus representaciones. 2014. <https://nativoamerica.earth/>
- [6] J. Murra, *El control vertical de un máximo de pisos ecológicos en la economía de las sociedades andinas*. Lima, Perú. 1980.
- [7] T. Burckhardt, *Significado y simbolismo de los cuatro elementos*. Barcelona, España. 1987.
- [8] E. Salazar, *Astronomía InKa*. Cusco, Perú. 2014.
- [9] A. Quijano, *Las Pléyades y el calendario agrario y ritual de los incas*. Colombia. 2003.
- [10] F. Paul, *Astronomía Inca: Sobre las estrellas*. Obtenido de Incarail, 2020. <https://blog.incarail.com/es/astronomia-inca-sobre-las-estrellas/>
- [11] J. O'Connor & E. Robertson, *Brahmagupta biography*, Escuela de matemáticas y estadística, Universidad de St Andrews, Scotland, 2013.