

ESTUDIO DE LA VIDA DE LAS ESTRELLAS MEDIANTE EL PROYECTO: “RELACIÓN DE PARÁMETROS DE CLUSTERS EN BASE AL DIAGRAMA HR E ISÓCRONAS”

C. Ortiz ¹, D. Zabaleta ², C. Cortes ³, A. Bedregal ⁴, N. Colodro ⁵

1 U. E. Cristo Rey, 2 Amerinst, 3 U. E. La Salle”A”, 4 Colegio Hermano Felipe Palazón, 5 Colegio Montessori
NOVIEMBRE DE 2020

El estudio de los diagramas HR nos dan a conocer información valiosa sobre diferentes estrellas y clusters. En este artículo se analiza, gráfica y estudia a 2 clusters: M67 y NGC 6791, posteriormente se genera una isócrona con los parámetros de metalicidad y edad de cada cluster para así comprobar que el modelo utilizado es óptimo para cumplir nuestros objetivos. generando gráficos combinados de los diagramas HR y las isócronas para identificar factores esenciales como ser módulo de distancia y turn-off point de cada cluster

1. INTRODUCCIÓN

Los clusters de estrellas (cúmulos de estrellas) son grupos de estrellas atraídas entre sí por su gravedad mutua. Estudiar el comportamiento de un conjunto tan importante puede darnos información valiosa, tanto de sus integrantes como del universo mismo. En este proyecto se estudian 2 cúmulos importantes, sus “colores”, sus diagramas HR, y los isócronos relacionados a cada una, para así entender más a estos grandes grupos de estrellas y poder estudiar con mayor profundidad el diagrama hr. En este proyecto se utilizó datos ya filtrados en el sistema UBV, que es basado en mediciones fotométricas de las magnitudes ultravioleta (U), azul (B) y visual (V), relacionados con un modelo de vida estelar con la metalicidad y edad del cúmulo.

2. METODOLOGÍA

El Diagrama HR

Nombrado así por los astrónomos, Ejnar Hertzsprung y Henry Norris Russell, este diagrama relaciona la luminosidad de las estrellas con la temperatura superficial. Cada ubicación del diagrama HR representa una ubicación única de tipo espectral y luminosa, el diagrama HR también proporciona información sobre los radios estelares ya que la luminosidad de una estrella depende tanto de su temperatura superficial y de su radio.

En este artículo se realiza un diagrama de índice de color, tomando el sistema fotométrico UBV, también conocido como Harold Jhonson. Este sistema es utilizado para la clasificación estelar en función del color del astro.

Las letras UBV indican respectivamente:

- U: Ultraviolet (Ultraviolet)
- B: Azul (Blue)
- V: Espectro visible (Visible)

El índice que nosotros utilizaremos en el índice de color B-V, que diferencia B con V y este valor es muy aproximado a la temperatura superficial de las estrellas y el tipo espectral al que corresponde. Es así que lo podemos utilizar en el diagrama HR, específicamente en el eje X.

Clusters de Estrellas

Una razón para concentrarnos en clusters es el hecho que todas las estrellas incluidas están a una misma distancia de nosotros, esto implica que su brillo aparente o magnitud es casi tan exacta como su brillo absoluto. La diferencia entre la magnitud aparente y la magnitud absoluta es conocida como módulo de distancia (o distance modulus). Este valor será calculado directamente en el gráfico resultante una vez le incluyamos una isocrona respectiva.

El módulo de distancia es una distancia de magnitud, está en escala logarítmica.

Isócrona

Una isócrona relaciona los parámetros de un cúmulo estelar, como también su edad y de qué compuestos está formada, en una curva definida, en vez de los puntos sobre el diagrama HR. Las isócronas son utilizadas para conocer y comprender el mecanismo interno de las estrellas al igual que su evolución.

Partes de un Diagrama HR

Este artículo se enfoca mucho en el estudio de las estrellas mediante su así denominado “turnoff point”. En el diagrama HR es el punto en el cual una estrella deja la secuencia principal después de terminar su combustible. Graficando este punto uno puede estimar la edad de este cluster.

Agrupaciones de las Estrellas

- Secuencia Principal.- Línea prominente que va desde la parte superior izquierda a la inferior derecha. La mayoría de las estrellas que se encuentran en esta curva, es la etapa más longeva en la vida de las estrellas, transforman hidrógeno en helio en su centro mediante reacciones.
- Subgigantes.- Estrellas que abandonaron la secuencia principal hace poco y disponen de un núcleo de helio que se reduce a medida que sus capas externas se dilatan.

- Gigantes rojas.- Se distinguen por ser las más rojas, tener radios superiores y temperaturas superficiales menores, que las estrellas de la secuencia principal.
- Supergigantes.- Son estrellas que están en etapas avanzadas de evolución estelar y probablemente está finalizando la generación de energía por medio de reacciones nucleares.
- Enanas blancas.- Estrellas con categorías amplias de temperaturas superficiales, poco luminosas, radios menores al Sol por eso mismo gozan densidades muy altas.

Para este estudio se analizó datos de 2 clusters:

NGC 2682 o M67

(Ascensión recta 8h 51m 18s. Declinación 11 48' 00")

El cúmulo abierto M67, también conocido como NGC 2682. Fue descubierto por Johann Gottfried Koehler en 1779, se encuentra en la constelación de Cáncer. Es uno de los cúmulos estelares abiertos más antiguos que se conocen y también objeto de estudio de científicos ya que tiene una edad aproximada de 3600 millones de años como nuestro sistema solar. En el año 2006 se reveló la presencia de 25 fuentes de rayos X en dicho cúmulo. Este cúmulo consta de 500 componentes aproximadamente, entre ellas se encuentran enanas blancas, estrellas gigantes y estrellas parecidas a nuestro sol.

NGC 6791

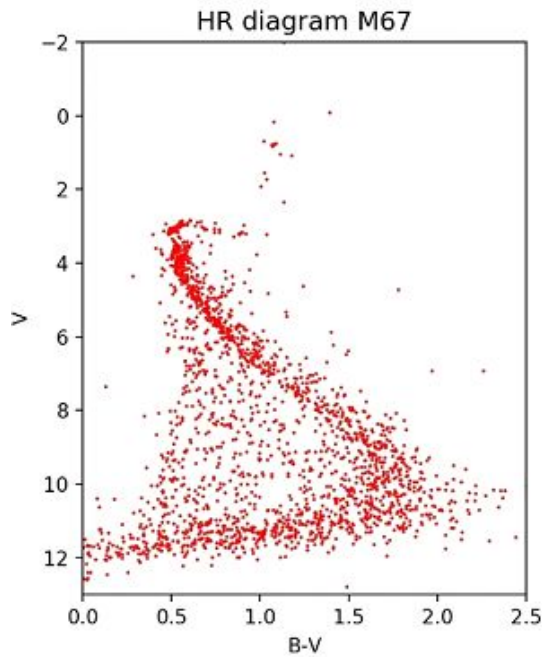
(Ascensión recta 19h 20m 53,2s. Declinación 37 46' 19")

Cúmulo estelar abierto en la constelación Lyra. Descubierto en 1853 por el alemán Friedrich August Theodor, se encuentra en la constelación Lyra. Sobrepasa las diez mil estrellas y dispone de una amplia cantidad de metales. Entre las estrellas más tenues del cúmulo, hay enanas blancas de seis mil millones de años, y la otra mitad de enanas blancas de cuatro mil millones de años. Estas edades no están sincronizadas con la edad de las estrellas normales en el cúmulo de 8 mil millones de años. Se han estudiado las contradicciones obvias en este grupo y se han propuesto la solución de alrededor de 8 mil millones de años.

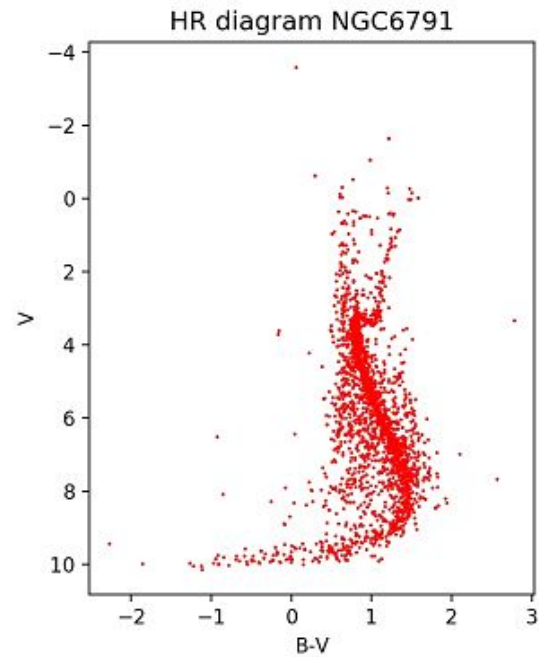
Para este estudio de clusters, realizamos un diagrama HR utilizando los datos ya filtrados en el sistema UBV, luego incluimos una isocrona (generada por el simulador de Dartmouth University) usando la metalicidad de los valores provistos por el artículo On The Metallicity of open clusters y una edad que asignamos ambos clusters para después hallar el módulo de distancia, estudiar la edad y propiedades del cluster con esta información.

3. RESULTADOS

Luego de realizar inicialmente el gráfico HR de M67 (figura 1) y NGC 6791 (figura 2), se puede observar una secuencia principal e incluso un “turnoff point”, sin embargo, como no estamos trabajando aún con magnitud absoluta, para esto necesitamos nuestros isocronas, aún no podemos hablar de edad o propiedades.

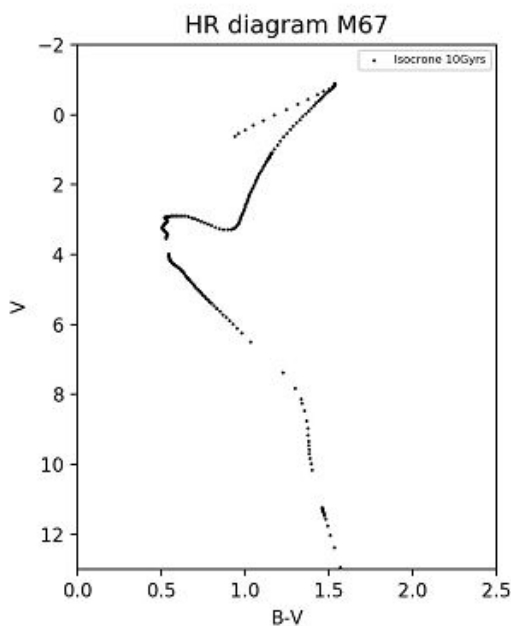


[FIGURA 1] Diagrama HR para M67

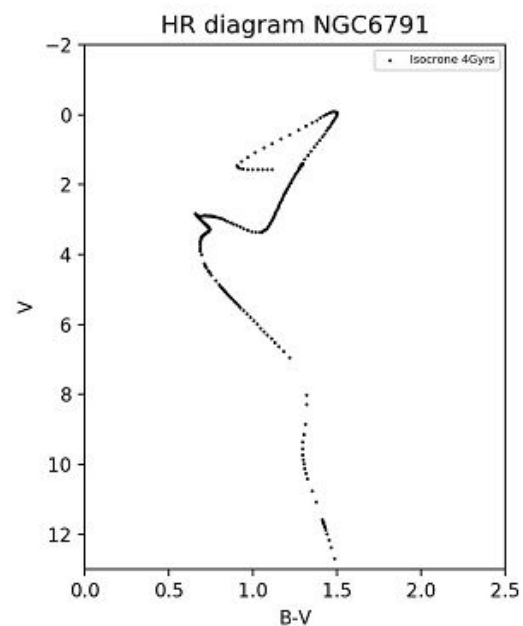


[FIGURA 2] Diagrama HR para NGC 6791

Para generar nuestros isocronas, utilizamos la base de datos Dartmouth Stellar Evolution Database, en la cual ingresamos una edad y la metalicidad $[Fe/H]$, y posteriormente graficamos utilizando los mismos ejes y escalas.



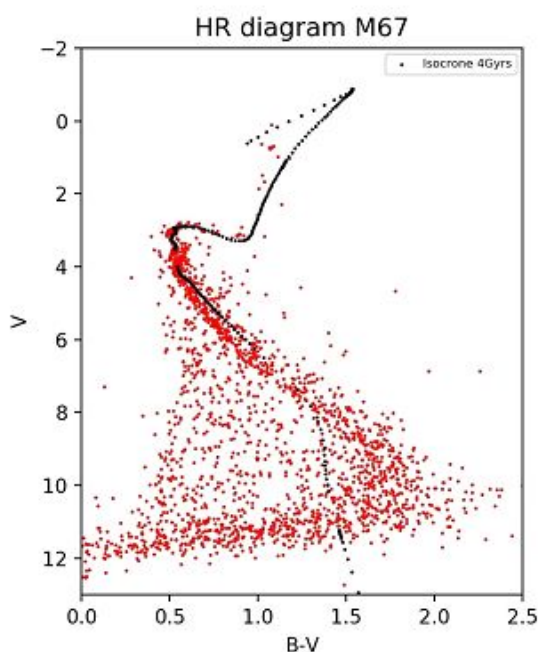
[FIGURA 3] Isócrona HR para M67



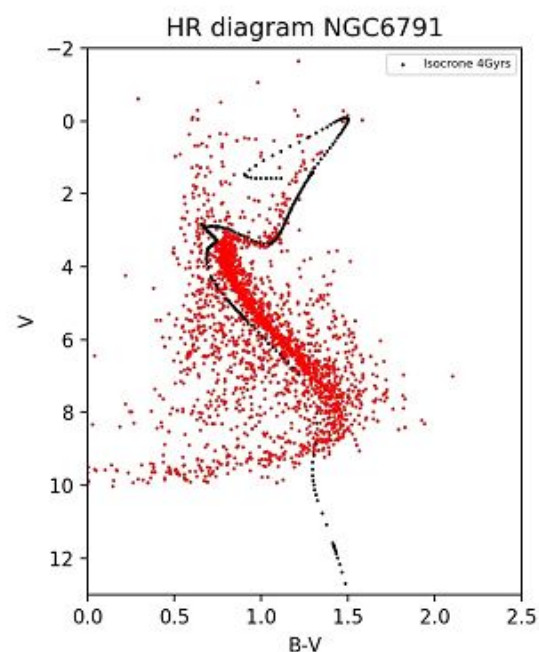
[FIGURA 4] Isócrona HR para NGC 6791

Posteriormente generamos dos gráficos adicionales con los datos de los diagramas HR y con las isocronas anteriormente generadas. Este proceso es indispensable para poder comparar ambos e identificar factores esenciales, como ser el módulo de distancia y el turn-off point de cada cluster. Obteniéndose un módulo de distancia de 0.24 para M67 y 0.7 para NGC 6791. El módulo de distancia con frecuencia, es una escala logarítmica basada en el sistema de magnitud astronómica. Este es la diferencia entre magnitud aparente y magnitud absoluta. Existen diferentes tipos: los primeros se denominan módulos de distancia visual, mientras que los segundos se denominan módulos de distancia verdaderos. Los módulos de distancia se utilizan con mayor frecuencia al expresar la distancia a otras galaxias en el universo relativamente cercano .

El uso de módulos de distancia facilita el cálculo de magnitudes, esta forma de ver las cosas sirve para resaltar que muchas discusiones sobre distancias en astronomía; son en realidad discusiones sobre las magnitudes absolutas, propias o derivadas de los objetos distantes que se observan.



[FIGURA 5] Combinación del diagrama HR e isócrona para M67



[FIGURA 6] Combinación del diagrama HR e isócrona para NGC 6791

Una vez terminada la realización de los tres gráficos para sus respectivos cúmulos y la investigación se pudo deducir la siguiente información.

NGC 6791

Es un cúmulo estelar galáctico abierto con una edad aproximada de 8 Gyr y con una metalicidad de $[Fe / H] = +0,30$, algo contradictorio, pues en teoría las estrellas más

viejas suelen ser pobres en metales, ya que estos se van acumulando lentamente de generación a generación de estrellas, así mismo este brinda la oportunidad de que en próximos estudios se pueda realizar análisis para comprender una serie de cuestiones, como la evolución estelar, la síntesis de poblaciones a alta metalicidad en la Vía Láctea y otras galaxias.

Este cúmulo estelar contiene varias subenanas extremadamente azules, la presencia de un grupo rojo predominante y se encuentran al menos cinco posibles sub-gigantes.

En la secuencia principal existe un desvío, este se interpreta como una formación estelar prolongada.

NGC 2682 o M67

Es uno de los cúmulos abiertos más estudiados con estimaciones de su edad que varían entre 3,2 y 5 Gyr, aunque evaluaciones recientes lo sitúan en 4 Gyr, con una metalicidad de $[Fe / H] = -0,04$. Tiene aproximadamente 500 componentes, contiene 11 estrellas gigantes de tipo espectral K, así como algunas estrellas en la zona más azul de la secuencia principal, la más brillante de ellas de tipo espectral B8 o B9. También tiene alrededor de 200 enanas blancas y alrededor de un centenar de estrellas similares a nuestro sol, cuando las estrellas del cúmulo se trazan en el diagrama de Hertzsprung-Russell, hay un "apagón" distintivo que representa las estrellas que han completado la fusión del hidrógeno en el núcleo están a punto de convertirse en gigantes rojas. A medida que el grupo envejece, la desviación desciende progresivamente por la secuencia principal.

4. CONCLUSIONES

El diagrama HR es un método efectivo para el estudio de modelos estelares, este diagrama revolucionó la astronomía dando a conocer información importante sobre las estrellas y su evolución. Las isocronas nos ayudan a entender este fenómeno gracias a modelos astronómicos basados en los parámetros de edad y metalicidad $[Fe/H]$, la aplicación de ambos junto al concepto de Módulo de distancia, el cual nos ayuda a expresar la distancia del universo relativamente cercano. En los gráficos realizados es posible reconocer las partes importantes de un diagrama HR, la secuencia principal y el turnoff point.

Al generar los diagramas HR que se componen de dos ejes, luminosidad y temperatura de las estrellas se convierte en el método más eficiente para poder observar las diferentes estrellas y sus características dentro del diagrama haciéndose indispensable la unión del diagrama hr con la isócrona para poder comparar ambos e identificar factores esenciales como ser módulo de distancia y el turn-off point.

5.REFERENCIAS

Aobost. (2019, October 31). Metalicidad - Wikipedia, la enciclopedia libre. Es.m.Wikipedia.Org. <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Metalicidad>

Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2014, October 18). Sistema fotométrico UBV. Wikipedia.Org; Wikimedia Foundation, Inc. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_fotom%C3%A9trico_UBV

Consolider, I. G. (n.d.). Consolider Ingenio GTC. Research.lac.Es. Retrieved October 31, 2020, from http://research.lac.es/proyecto/consolider-ingenio-gtc/index.php?option=com_content&view=

Digital Survey, S. D. S. (2020, August). Diagrama de Hertzsprung-Russell - Wikipedia, la enciclopedia libre. Es.Wikipedia.Org. https://es.m.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Hertzsprung-Russell

Facundo, A., & Moyano, D. (n.d.). Cálculo de Isocronas. In Pdf. Retrieved October 31, 2020, from http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77876/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Facundo, A., & Moyano, D. (2019). Tesis de Licenciatura en Astronomía-Cálculo de Isocronas. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77876/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fernando. (2016b, January 8). Diagrama H-R. Astronomía. From <https://astronomiasimple.wordpress.com/2016/01/07/diagrama-h-r/>

Fierro, J. (2017a, September 11). Diagrama HR I, Clase de Astronomía General. YouTube. From <https://youtu.be/bMhW7a4BDkA>

Fierro, J. (2017b, October 4). Diagrama HR II. Clase de Astronomía General. YouTube. From <https://youtu.be/MyTPrpxJoQ>

Manuel, J., Villa, A., De, A., Rodríguez, L.-C., & Cortés, T. (n.d.). DIAGRAMA HR DE CÚMULOS ABIERTOS. https://trcortes.webs.ull.es/Megatecla/imagenes/practicas/hr_cumulos.pdf

Ortigosa, J. (n.d.). El diagrama H-R. Retrieved October 31, 2020, from http://www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/37_cieniorama.pdf

Paris, I. (2018). El diagrama HR : temperatura y luminosidad. Ventanas Abiertas al Universo. <https://media4.obspm.fr/public/VAU/temperatura/diagrama/hertzsprung-russell/diagrama-hr/APPRENDRE.html>

Sdss, V. (n.d.). Voyages | Isochrone Fitting. Voyages.Sdss.Org. Retrieved October 31, 2020, from <http://voyages.sdss.org/expeditions/expedition-to-the-milky-way/star-clusters/isochrone-fitting/>

Survey, A. (2013, June 10). Diagrama de Hertzsprung Russell. YouTube. From <https://youtu.be/i2fnl2ki7O4>

Tisdale, J. (2019, October 20). Evolución estelar I: Diagrama Hertzsprung-Russell | así mueren las estrellas. YouTube. <https://youtu.be/v48WamXIG7U>

Voyages, S. (n.d.). Voyages | Distance Modulus. Voyages.Sdss.Org. Retrieved November 1, 2020, from <http://voyages.sdss.org/expeditions/expedition-to-the-milky-way/star-clusters/distance-modulus/>

Zuluaga, J. (2014, February 16). Isocronas Estelares. Prográmelo Usted Mismo. From <https://programelum.wordpress.com/2014/02/16/isocronas-estelares/>

Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2014, Octubre 18). Sistema fotométrico UBV. Wikipedia.Org; Wikimedia Foundation, Inc. https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_fotom%C3%A9trico_UBV

Facundo, A., & Moyano, D. (2019). Tesis de Licenciatura en Astronomía-Cálculo de Isocronas. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/77876/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Voyages, S. (n.d.). Voyages | Distance Modulus. Voyages.Sdss.Org. Retrieved November 1, 2020, from <http://voyages.sdss.org/expeditions/expedition-to-the-milky-way/star-clusters/distance-modulus/>

190.163.69.221. (2016, July 11). Isocrona - Wikipedia, la enciclopedia libre. Es.Wikipedia.Org. From <https://es.m.wikipedia.org/wiki/Isocrona>

Atómica. (2020, August 3). Curso de Astronomía: Clase 19 | Diagramas Hertzsprung–Russell & Cúmulos Estelares - YouTube. Retrieved November 4, 2020, from [www.youtube.com](https://www.youtube.com/watch?v=vMjhwNwjC58&t=1002s)
<https://www.youtube.com/watch?v=vMjhwNwjC58&t=1002s>

Cátedra cultura científica. (2016, October 21). HR, la estrella de los diagramas en astrofísica. Retrieved November 4, 2020, from Cuaderno de Cultura Científica <https://culturacientifica.com/2016/10/21/hr-la-estrella-los-diagramas-astrofisica/>

Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2006, June 22). cúmulo abierto. Retrieved November 4, 2020, from Wikipedia.org https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%BAmulo_abierto_M67

Matiras. (2020, October). NGC 6611 cluster. Retrieved November 1, 2020, from [www.google.com](https://www.google.com/search?q=NGC+6611+cluster&oq=ngc&aqs=chrome.1.69i57j69i59l3j0j69i61j69i60l2.2813j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8)
<https://www.google.com/search?q=NGC+6611+cluster&oq=ngc&aqs=chrome.1.69i57j69i59l3j0j69i61j69i60l2.2813j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Platais, I. (2011, April 26). Una nueva mirada al viejo clúster, estrella NGC 6791 (K. Cudworth, V. Kozhurina-Platais, D. McLaughlin, S. Meibom, & C. Veillet, Eds.). Retrieved from The Astrophysical Journal Letters <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2041-8205/733/1/L1/meta>

Ponderosapine210. (2020, June 11). NGC 6791. Retrieved November 4, 2020, from Wikipedia.org https://en.wikipedia.org/wiki/NGC_6791

Tambora, 1815. (n.d.). Módulo de distancia - Distance modulus - qaz.wiki. Retrieved from [es.qaz.wiki](https://es.qaz.wiki/wiki/Distance_modulus#Definicion):

https://es.qaz.wiki/wiki/Distance_modulus#Definicion

This page is based on the copyrighted Wikipedia article "Distance_modulus" it is used under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0