

ArtyHum, 75, 2020, pp. 28-62.

## ARTE

### TEOREMA DE LO BELLO (Parte IV).

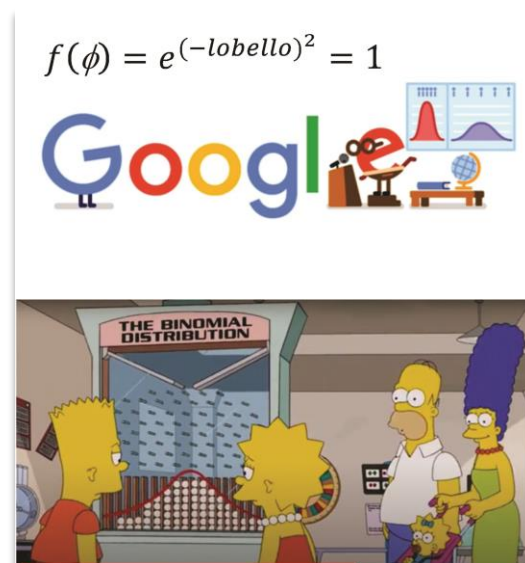
**Comprobación de la curva Normal de Gauss como modelo científico-matemático del COVID-19 y su aplicación a la investigación en Diseño Industrial.**

*Por Ibar Federico Anderson.*

*Universidad Nacional de La Plata.*

Fecha de recepción: 04/05/2020.

Fecha de aceptación: 18/07/2020.



**Resumen.**

*Este trabajo es una continuación de publicaciones anteriores de la revista ArtyHum N° 60, N° 64 y N° 67. Originalmente publicadas todas con el nombre Teorema de lo Bello, buscando siempre desarrollar una metodología interdisciplinaria entre la Estética, la Teoría del Arte, la Semiótica y las Ciencias Exactas (estadística y probabilidad); sobre el Teorema Central del Límite (TCL). Donde las ecuaciones dieron origen a la distribución Normal, función gaussiana e integral de Gauss y cuya gráfica concluyó en la campana de Gauss, con múltiples aplicaciones en las Ciencias Naturales (biología, psicología, medicina, etcétera), lo que se está buscando probar es su aplicación al mundo del diseño, una disciplina académica con aristas cercanas al Arte y la Arquitectura. En efecto, actualmente la curva de contagio de la pandemia del SARS-CoV-2 o COVID-19 (Coronavirus), que ha afectado de un modo catastrófico en pérdidas de vidas humanas y con consecuencias económicas terribles para los Estados, ha hecho popular esta curva.*

*En este trabajo se afirma que dicho modelo científico-matemático también es aplicable a la investigación del gusto de los usuarios/consumidores sobre los objetos artesanales, artefactos de diseño o productos de diseño industrial seriados, masificados y producidos en serie (aquí se desarrollan ejemplos de casos de estudio aplicados al Diseño Industrial, pero también podría ser aplicado al Diseño Gráfico). La hipótesis sostiene que si el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande ( $n \geq 30$ ), la distribución de la media sigue aproximadamente una distribución Normal, siendo la misma:  $N(\bar{X}; \sigma)$ , donde  $N(\text{media}; \text{desviación estándar o desviación típica})$ ; por tanto, la mediana y moda coinciden en el punto de la media ( $\bar{X}$ ). Desarrollada la metodología y diseñado el experimento, planteado el contraste de hipótesis (nula y alternativa), el nivel de significancia, formulación de la regla de decisión y test del estadístico de prueba. Se ejecuta la prueba y se arriban a las conclusiones.*



*Este tipo de metodología experimental nunca ha sido desarrollado en la investigación en Diseño Industrial, no existen antecedentes. Profundizaremos en el estudio de la curva matemática doble exponencial. Con un final abierto e incierto, de lo único que se está seguro es de donde se ha iniciado el trabajo; siempre con una mentalidad abierta a la interpretación científica, no se buscan verdades cerradas ni definitivas. Todo lo contrario a lo que se suponía, tal cual la pandemia del COVID-19 lo está manifestando, y simultáneamente poniendo en jaque la salud y las economía del mundo, este trabajo –humildemente– es un esfuerzo por unir ciencias con marcos teóricos diversos y complejos de modos interdisciplinarios.*

**Palabras clave:** *Coronavirus, COVID-19, Diseño, Investigación, Metodología.*



**Abstract.**

*This work is a continuation of previous publications of ArtyHun magazine N° 60, N° 64 and N° 67. Originally all published under the name Theorem of the Beautiful, always seeking to develop an interdisciplinary methodology between Aesthetics, Art Theory, Semiotics and Exact Sciences (statistics and probability); on the Central Limit Theorem (CLT). Where the equations gave rise to the Normal distribution, Gaussian function and Gaussian integral and whose graph ended in the Gaussian bell, with multiple applications in the Natural Sciences (biology, psychology, medicine, etc.), what we are looking to prove is its application to the world of design, an academic discipline with edges close to Art and Architecture. Indeed, currently the contagion curve of the SARS-CoV-2 or COVID-19 (Coronavirus) pandemic, which has catastrophically affected the loss of human life and with terrible economic consequences for the States, has made this popular curve.*

*In this work, it is stated that said scientific-mathematical model is also applicable to the investigation of the taste of the users/consumers on the artisan objects, design artifacts or industrial design products serialized, mass produced and produced in series (examples of case studies applied to Industrial Design, but could also be applied to Graphic Design). The hypothesis holds that if the sample size is large enough ( $n \geq 30$ ), the distribution of the mean follows approximately a Normal distribution, being the same:  $N(\bar{X}; \sigma)$ , where  $N$  (mean; standard deviation or standard deviation); therefore, the median and mode coincide at the point of the mean ( $\bar{X}$ ). Developed the methodology and designed the experiment, posed the hypothesis test (null and alternative), the level of significance, formulation of the decision rule and test of the test statistic. The test is run and the conclusions are reached.*



*This type of experimental methodology has never been developed in Industrial Design research, there is no history. We will delve into the study of the double exponential mathematical curve. With an open and uncertain ending, the only thing that is certain is where the work has started; always with a mindset open to scientific interpretation, no closed or definitive truths are sought. Quite the contrary to what was supposed, just as the COVID-19 pandemic is manifesting it, and simultaneously putting in check the health and economies of the world, this work –humbly– is an effort to unite sciences with diverse theoretical frameworks and complexes of interdisciplinary modes.*

**Keywords:** *Coronavirus, COVID-19, Design, Research, Methodology.*



### Introducción y breve desarrollo.

Este artículo/ensayo está redactado en base a la especial formación académica de su autor; es decir, como profesional universitario en Diseño Industrial (especializado en investigación científica sobre los objetos artesanales, productos industriales y otros artefactos tecnológicos), explorando el mundo de las Ciencias Sociales y en especial la Historia del Diseño Industrial. En referencia a mi otro título –terciario– de Visitador Médico (APM, especializado en salud humana)<sup>21</sup>, deseo explorar el mundo de las Ciencias Naturales para tender puentes con las Ciencias Sociales y construir interdisciplinariamente nuevas metodologías de investigación nunca antes exploradas. La investigación hace referencia a mi categoría de docente e investigador categorizado (Categoría 3) de la Secretaría de Ciencia y Técnica (SCyT), Facultad de Bellas Artes (FBA), Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Hechas las aclaraciones previas y para que no se me acuse de oportunista, aclaro que en el mes de mayo de 2019, y antes del colapso mundial por causa del Coronavirus originado en China y trasladado a Europa, América y Asia; para la revista *ArtyHum* N° 60, presenté el artículo bajo el título: *Teorema de Lo Bello. Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial* (Parte I). Donde presentaba la curva de Gauss, de la que ahora, todo el mundo está hablando.

Esta curva es muy popular en el mundo de las Ciencias Exactas y Naturales, pero no era popular en el uso vulgar de los ciudadanos del mundo. La geopolítica y las organizaciones de salud como la OMS (Organización Mundial de la Salud), lo hicieron *vox populi*.

Es decir, la sinceridad y honestidad intelectual debe primar obviamente (así como las citas bibliográficas y las fuentes). Solo que si todos quieren ahora justificar cuestiones diversas laborales (desde el teletrabajo, home office, cambios en el turismo, gastronomía y hotelería a causa del

<sup>21</sup> Matrícula, según consta en Folio: 194, Libro: 27, Fecha: 21/02/2000. Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, República Argentina.



COVID-19, etc.), de estudio (aulas virtuales, webinar, etc.) y otros cambios que se van a producir en el mundo a causa del Coronavirus; pretendería humildemente reclamar la originalidad mía de que antes de la popularidad del SARS-CoV-2, venía hablando de la imperiosa necesidad de analizar esta curva y –por lo menos– tenerla presente para su aplicación al estudio e investigación en Arte y Diseño<sup>22</sup>.

En dicha publicación el trabajo *Teorema de Lo Bello* (Parte I) realizaba un recorrido histórico sobre la evolución del concepto filosófico de la Belleza en *Sócrates* (470-399 a.C.), *Platón* (427-347 a.C.), *Aristóteles* (384-322 a.C.) y *Immanuel Kant* (1724-1804); de la estética en *Alexander G. Baumgarten* (1714-1762) y finalmente de la semiología en *Umberto Eco* (1932-2016), *Jean Baudrillard* (1929-2007) y *Jordi Llovet* (nacido en 1947). Para obtener, con fundamento histórico, la variable cualitativa de: *LoBello* (belleza-adherente-kantiana) para ser utilizada es estudios y/o investigaciones sobre el gusto estético (subjetividad

psicológica) o el comportamiento socio-cultural de los consumidores/usuarios de objetos, artefactos y productos del Diseño Industrial.

En dicho artículo de la revista se realizaba la pregunta: ¿cómo medir el gusto estético, aplicado a un objeto, producto u artefacto de Diseño industrial? Para lo cual se proponía como respuesta ajustar la metodología de tres *Marcos Teóricos* bien diferenciados: la *estética* (como un campo de investigación que proviene de la crítica filosófica como Ciencia Social), la *estadística y probabilidad* (como un campo que proviene de la Ciencia Exacta de las matemáticas) con el Diseño Industrial como disciplina proyectual (como un campo que se desprende de las teorías arquitectónicas y artísticas de la *Escuela de la Bauhaus* combinadas con las teorías de la ingeniería de la producción industrial seriada, *Taylor-fordista*).

Dicho artículo profundizaba más en los planteos filosóficos originales, para culminar –en menor extensión– con los planteos matemáticos que se desarrollaron en la segunda parte del artículo.

<sup>22</sup> En lo personal, agradezco a la revista *ArtyHum*, a todo su Comité de Evaluadores, Profesionales, Administrativos, etcétera; haberme brindado la oportunidad de publicar mis ideas en dicha revista.



La primera parte del artículo fue útil para definir la variable cualitativa (x) de: *lo bello* (con minúscula), adoptado como término breve que explica la denominada *belleza adherente kantiana* (culminación del proceso filosófico Moderno kantiano e ilustrado cartesiano en cuanto a la división o segmentación del concepto de la *kalokagathía griega*). La *kalokagathía griega* fue discutida en la tercera parte del ensayo presentado en ArtyHum N° 67: *Teorema de Lo Bello y Lo Útil (Parte III). Evolución histórico-dialéctica de los conceptos de belleza y utilidad técnica en los objetos de diseño industrial*.

En efecto, tal como se citó en dicho texto:

*“En el diseño de objetos y artefactos de diseño artesanal premoderno: La tesis es que lo bello y lo útil se encontraban kalokagáthicamente unificados en la tékhne griega (...)”<sup>2324</sup>*.

<sup>23</sup> ANDERSON, I. F.: “Teorema de Lo Bello y Lo Útil (Parte III). Evolución histórico-dialéctica de los conceptos de belleza y utilidad técnica en los objetos de diseño industrial”, *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 67, Vigo, p. 71. Disponible en línea: <https://www.artylum.com>

<sup>24</sup> Unificación del «valor de uso funcional» (ejemplo: una silla sirve para sentarse) al «valor de uso estético» o «valor de uso simbólico» (ejemplo: una silla costosa económicamente y

Al pasar por la Modernidad, la dialéctica cartesiana-kantiana hace que «*lo útil*» (objetivo) o «*valor de uso funcional*» se fragmente o separe de «*lo bello adherente kantiano*» (subjetivo) o «*valor de cambio signo*» estético, simbólico y socioeconómico; en los objetos, artefactos y productos de diseño industrial moderno.

El concepto de *belleza adherente* proviene de Kant en su crítica de la facultad de juzgar, y corresponde a los conceptos teóricos vertidos en su libro *La Crítica del Juicio* (1790), la última de las tres grandes críticas escritas por dicho autor. Por eso se la llama: *belleza adherente kantiana*.

Por otro lado, la segunda parte del artículo fue útil para ensayar la comprobación (test) de las hipótesis orientadas a la medición de la variable cualitativa (x) de: *lo bello*. Fue posible aplicar el *Teorema Central del Límite* (TCL), el contraste de hipótesis, nivel de significancia, formular la regla de decisión y efectuar la prueba o test estadístico para *phi* ( $\phi$ ) de *lo bello*. Para,

hecha por un arquitecto o diseñador de apellido prestigioso, también sirve para decorar un ambiente con cierto estilo y diseño arquitectónico, transmitir un mensaje de status socio-económico de su dueño, o de la importancia de quien la posee, etcétera).





finalmente, poder obtener la inferencia (conclusiones).

Para decirlo de un modo resumido, se combinaron las ideas filosóficas centrales de la belleza (desde sus orígenes Griegos, hasta la Modernidad que culminaron en Kant), con la semiología del Diseño Industrial y las ecuaciones matemáticas de la función gaussiana y la integral de **Carl Friedrich Gauss** (1777-1855) junto con el *Teorema Central de Límite* (TCL); para la comprobación (test) de las hipótesis orientadas a la medición matemática (objetividad cuantitativa) de la variable (x) de *lo bello*, de origen cualitativo (subjectividad del gusto humano).

Hay que ser honesto intelectualmente recordando que la curva de Gauss posee antecedentes en **Abraham De Moivre** (1667-1754) y **Pierre-Simon Laplace** (1749-1827). Esto fue desarrollado, en septiembre del año 2019, en la segunda parte del artículo presentado en *ArtyHum N° 64* bajo el título: *Teorema de Lo Bello. Ecuaciones matemáticas entre la filosofía del arte (la belleza) y la teoría de las probabilidades y estadísticas* (Parte II).

En dicha publicación ampliaba la investigación *cualitativa* (de la Parte I) a una investigación *cuantitativa* (Parte II). Donde los valores cuantitativos, fueron capaces de expresar la medida de la subjetividad de la variable de *LoBello* y se procesaron matemáticamente (objetivamente) con las herramientas estadístico-probabilísticas. Para lo cual se utilizó el postulado matemático de A. de Moivre, Laplace y C. F. Gauss sobre el *Teorema Central del Límite* (TCL) a la medición de la *belleza-adherente-kantiana*. En efecto, tal como los veremos ejemplificado más adelante en el estudio de los casos #1 y #2.

En dicha segunda parte se profundiza la teoría de Abraham De Moivre, Pierre-Simon Laplace y Carl Friedrich Gauss; como los principales matemáticos descubridores de la –ahora llamada *campana de Gauss* o *curva gaussiana*–. Que es el modelo científico-matemático aplicado para predecir el comportamiento de la pandemia COVID-19.

El SARS-CoV-2 o COVID-19 (acrónimo del inglés coronavirus disease 2019). Como es de público conocimiento el Coronavirus 2 es un síndrome respiratorio agudo grave, un



tipo de coronavirus causante de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) que inicialmente fue llamado *2019-nCoV* (en inglés 2019-novel coronavirus). Fue descubierto y aislado por primera vez en Wuhan (provincia de Hubei), en China en diciembre de 2019, tras provocar la pandemia de enfermedad por coronavirus de 2019-2020. Parece tener un origen zoonótico, es decir, que pasó de un huésped animal a uno humano. Habiendo llegado a más de 100 territorios, el 11 de marzo de 2020 la Organización Mundial de la Salud la declaró pandemia.

Es importante destacar que el SARS-Cov-2 o COVID-19 se detectó por primera vez en China en diciembre de 2019 y el artículo sobre el *Teorema de Lo Bello* fue publicado en mayo del mismo año (con medio año de anticipación). Por lo cual no hay oportunismo en este artículo, pues el mundo ahora está queriendo explicar todo –o absolutamente casi todo– en función del COVID-19 y como este está cambiando las relaciones humanas. Como ya se citó con anterioridad, el teletrabajo, el home office, los webinar, el mayor uso de internet por el distanciamiento social, y otros

protocolos para turismo, hotelería y gastronomía. Hasta los Diseñadores Industriales ahora imprimen máscaras con impresoras 3D, diseñan piezas de equipos para respiradores artificiales y las plantas automotrices pararon su producción para producir respiradores para humanos y desde ahí: “*Al infinito... ¡y más allá!*”<sup>25</sup>”.

Lo más visto en los medios de comunicación quizás sea la llamada *campana de Gauss* o *curva gaussiana* que utilizan y que es conocida hace mucho tiempo en el mundo de las Ciencias Naturales y de las Ciencias Exactas.

Para que se entienda de un modo rápido, lo voy a explicar fácil y directo con una gráfica. El *Washington Post* en un artículo titulado: *Por qué brotes como el del coronavirus crecen exponencialmente y cómo ‘aplanar la curva’*<sup>26</sup>”, explicaba la curva exponencial a partir de una serie de gráficos cuyo datos fueron recopilados por el Centro de Ciencias e Ingeniería de Sistemas de la *Universidad Johns Hopkins*.

<sup>25</sup> Frase del personaje «*Buzz Lightyear*» en la película *Toy Story*.

<sup>26</sup> STEVENS, H.: “Por qué brotes como el del coronavirus crecen exponencialmente y cómo ‘aplanar la curva’”, *The Washington Post*, Washington, s/p., 2020.



Pero lo cierto que lo que ellos describen como una curva matemática exponencial –en principio– debería ser definido finalmente como la curva correspondiente a la *función gaussiana*.

La primera de las gráficas presentadas por el diario es la siguiente:

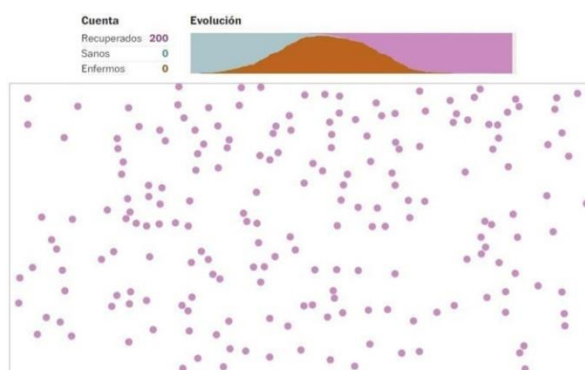


Gráfico 2: Fuente: Washington Post.  
Arriba se observa la curva gaussiana.  
Luego, las siguientes cuatro (4) gráficas, corresponden a los cuatro (4) casos posibles: ningún control, intento de cuarentena, distanciamiento moderado y distanciamiento exhaustivo. Ver las siguientes imágenes:

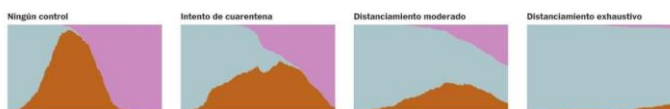
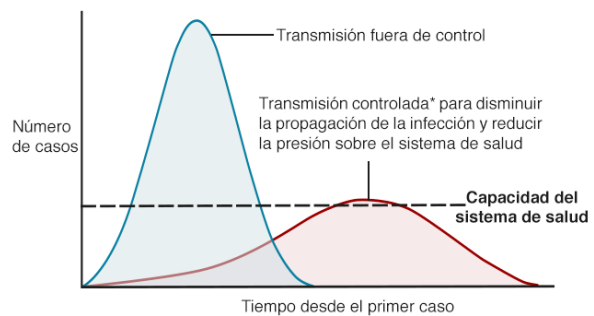


Gráfico 3: Fuente: Washington Post.  
Nótese que la primera se corresponde con la gráfica de la curva de gauss:

### ¿Cómo se aplanan la curva epidémica?



\*con medidas como fomentar el lavado de manos adecuado, el trabajo a distancia, limitar reuniones grandes o restricciones de viaje

Fuente: Esther Kim, Carl T. Bergstrom, Universidad de Washington

BBC

### Gráfico 4: Coronavirus:

¿Qué es "aplanar la curva" y por qué es tan importante para "retrasar y contener" la propagación del Covid-19?. Fuente: BBC.

Lo que se observa en esta gráfica es la *curtosis*<sup>27</sup> de la curva, en azul vemos una *curva leptocúrtica*; en tanto, en rojo observamos una *curva platicúrtica*. En la República Argentina, como en el resto del mundo, esto es lo que está intentando hacer el Gobierno Nacional coordinadamente con los diferentes gobiernos provinciales y de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

<sup>27</sup> La *curtosis* de una variable estadística/aleatoria es una característica de forma de su distribución de frecuencias/probabilidad. Según su concepción clásica, una curtosis grande implica una mayor concentración de valores de la variable tanto muy cerca de la media de la distribución (pico) como muy lejos de ella (colas), al tiempo que existe una relativamente menor frecuencia de valores intermedios. Esto explica una forma de la distribución de frecuencias/probabilidad con colas más gruesas, con un centro más apuntado y una menor proporción de valores intermedios entre el pico y colas. Una mayor curtosis no implica una mayor varianza, ni viceversa.



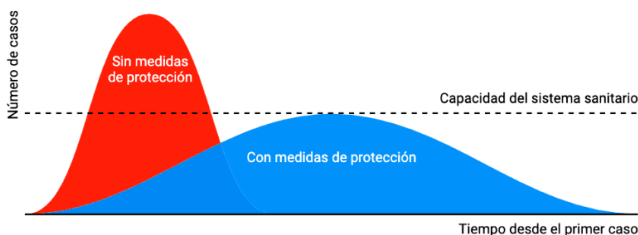
En efecto, la gestión del Presidente *Alberto Fernández* con su equipo de gobierno está intentando aplanar la curva para que el sistema sanitario no colapse, según los especialistas del Ministerio de Salud asesorados por especialistas del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MICyT) y el CONICET.



*Gráfico 6: De la pandemia al cambio climático: así es la ciencia del riesgo. Imagen del Presidente de los EE.UU. haciendo pública esta curva gaussiana también.*

*Fotografía: REUTERS/Tom Brenner.*

*Fuente: Infobae.*



*Gráfico 5: Coronavirus:*

*¿Qué significa «aplanar la curva»?*

*Ahora, la misma gráfica anterior, solo que los colores están invertidos, expresa la misma idea.*

*Nótese que en este artículo obviamos consideraciones inoportunas teñidas de carácter político y nos remitimos a los datos estrictamente médicos y/o científicos (las consideraciones políticas y sus derivaciones socio-económicas son irrelevantes a los efectos de este estudio).*

En ocasiones se tiene un gran volumen de información que se desea organizar de manera gráfica para observar la forma como se distribuyen los datos según su frecuencia de ocurrencia y tomar decisiones con base en ella. La herramienta indicada para estos casos es el *Histograma* y para poder trabajar con él es necesario conocer primero cómo se organizan los datos. Para este fin se construyen las tablas llamadas *distribuciones de frecuencias*.





Gráfico 7: Coronavirus en la Argentina: Alberto Fernández analiza extender la cuarentena obligatoria hasta el 10 de mayo inclusive. Imagen del Presidente de la República Argentina Alberto Fernández en la Quinta de Olivos, mostrando la curva en forma de histograma de frecuencias y explicando su evolución<sup>28</sup>. Fuente Infobae.

<sup>28</sup> En estadística, un *histograma* es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. Sirven para obtener una primera vista general, o panorama, de la distribución de la población, o de la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua. En el eje vertical se representan las frecuencias, es decir, la cantidad de población o la muestra, según sea el caso, que se ubica en un determinado valor o subrango de valores de la característica que toma la característica de interés. Se utilizan para relacionar variables cuantitativas continuas. Para variables cuantitativas discretas las barras se dibujan separadas y el gráfico se llama diagrama de frecuencias, porque la variable representada en el eje horizontal ya no representa un espectro continuo de valores, sino valores cuantitativos específicos, igual que ocurre en un diagrama de barras, usado para representar una característica cualitativa o categórica. Su utilidad se hace más evidente cuando se cuenta con un gran número de datos cuantitativos y que se han agrupado en intervalos de clase. Los histogramas son más frecuentes en Ciencias Sociales, Humanas y Económicas que en Ciencias Naturales y Exactas. Y permite la comparación de los resultados de un proceso.

Como es bien sabido, las relaciones entre la *curva de Gauss*, *campana de Gauss* o *función gaussiana*; están dadas por su abstracción de los histogramas de frecuencias.

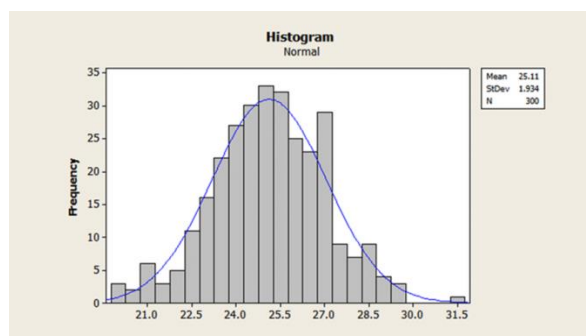


Gráfico 8: Histograma con curva Normal.

Una serie de imágenes con movimiento (GIFs) muy interesantes se produjeron para concientizar a la sociedad de la importancia de mantener el distanciamiento social, lavarse las manos y hacer cuarentena en casa (#QuedateEnCasa). Principalmente para concientizar a aquellas personas desinformadas o mal informadas que confundían al SARS-CoV-2 COVID-19 (Coronavirus) con una simple gripe.



La gráfica de evolución del número de casos en el tiempo

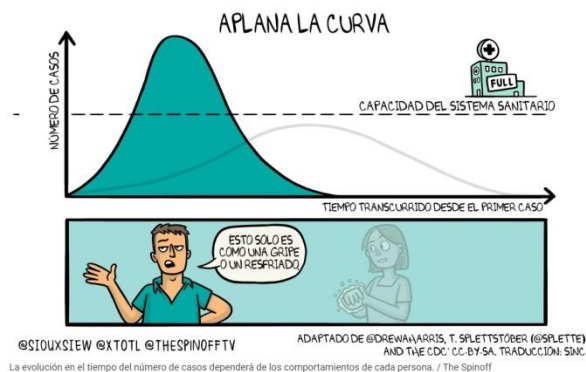


Gráfico 9: GIF 1 ilustrativo.

La gráfica de evolución del número de casos en el tiempo

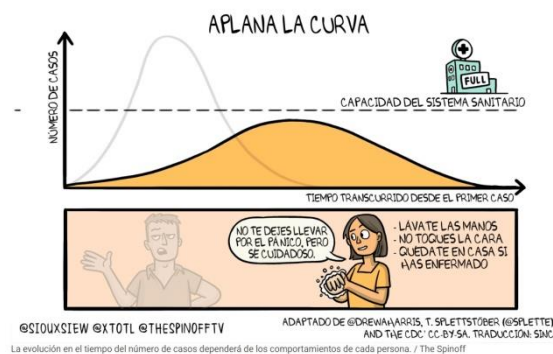


Gráfico 10: GIF 2 ilustrativo.

Entonces: ¿Cambiarán el mundo y algunas Instituciones de gobierno por causa del COVID-19?

¿Cambiará la economía y el mundo del trabajo (que ya tiene su propia crisis en el mundo y en la República Argentina también)?

¿Cambiará la educación, que en Argentina tiene su propia crisis?

¿Cambiarán las Universidades y algunas partes de los planes de estudio?

¿Cambiará la Teoría del Arte y el Diseño Industrial (sometiendo las Ciencias Sociales al mundo de las Ciencias Naturales? Mi hipótesis es que algo va a suceder (obviamente es poco profesional arrojar hipótesis sin sustento, pero algo ya está sucediendo y el mundo está cambiando para bien o para mal).

Por eso, no quiero ser oportunista y decir esto ahora cuando el mundo habla de ello; yo no inventé la pólvora pero lo venía diciendo mucho tiempo antes. Se deben ver los artículos referenciados a publicaciones internacionales con referato y Comité Académico Científico, citados previamente.

El 6 de Abril del 2020, *Google Doodle* en la República Argentina decía gracias con la imagen de la *campana de Gauss*, a los científicos e investigadores que trabajan para combatir el coronavirus. La animación es parte de una serie que rinde homenaje a quienes trabajan para vencer a COVID-19.







Gráfico 11: Doodle de Google para el 06/04/2020. Google agradecía a los trabajadores de salud pública y los investigadores de la comunidad científica.

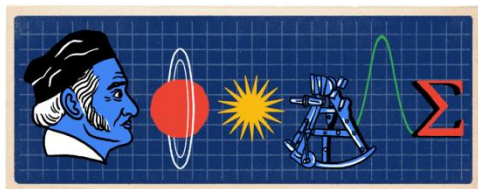


Gráfico 12: Doodle de Google para el 30/04/2018. 241º aniversario del nacimiento de Johann Carl Friedrich Gauss. Nótese que la letra «L» de GOOG«L»E, se corresponde a la curva doble exponencial de Gauss.

### Haciendo un poco de historia, la relación del *Tablero de Galton* (Quincunx) con la curva de Gauss.

El inventor, estadístico, psicólogo y eugenista británico con un amplio espectro de intereses, **Francis Galton** (1822-1911), primo hermano del padre de la primer teoría científica de evolución biológica de las especies **Charles Darwin** (1809-1882). Por lo cual deducimos su ambiente familiar inspirado en los acalorados y nutridos debates académicos de la época.

Galton, entre sus 340 artículos y libros, creó el concepto estadístico de correlación y regresión. También creó el *Tablero de Galton* (Quincunx), también llamada la *máquina de frijoles*; una herramienta para la demostración de la ley de error y la distribución estándar.

Este aparato fue inventado por el británico Francis Galton a finales del siglo XIX. El cual genera una serie de sucesos aleatorios.

La *máquina de Galton* fue descrita por su autor Sir Francis Galton (1894) en su texto *Natural Inheritance* (1894). Es un dispositivo inventado por Francis Galton para demostrar el *Teorema del Límite Central* (TLC), en particular que la distribución binomial es una aproximación a la distribución Normal.

La máquina consta de un tablero vertical con varias filas de clavos. Las bolillas caen desde la parte superior, botando aleatoriamente y van depositándose, a medida que caen, en los casilleros de la parte inferior. Formando una superficie de campana.





Gráfico 13: En este capítulo, Marge Simpson decide llevar a su familia al Museo de Ciencia. Allí, Bart y Lisa Simpson contemplan un tablero de Galton, por el que caen pelotas.

La máquina de Galton (Quincunx) es un dispositivo formado por un tablero vertical perforado con clavos, por el que caen bolas. Las bolas caen desde la parte superior, botando aleatoriamente y van depositándose, a medida que caen, en los casilleros de la parte inferior.

Cada bola tiene la mitad de probabilidades de caer a un lado o al otro de cada clavo. Al soltar una pelota, es imposible saber dónde caerá. Sin embargo, al dejar caer muchas bolas o bolillas, se puede predecir con precisión dónde terminará la mayoría: forman una curva de campana (igual a la campana de Gauss).

Las bolillas chocarán con el primer clavo teniendo una probabilidad de  $1/2$  de ir a la izquierda o hacia la derecha, y a medida que continúan va teniendo más caminos a donde ir, es decir más posibilidades para que las bolitas se desvíen. A lo largo de esta estructura, las bolitas toman caminos aleatorios hasta caer en alguno de los canales colocados en la base. Al final, tendrán mayores probabilidades los canales interiores que los exteriores, formándose una distribución de probabilidades conocida como *distribución binomial*.

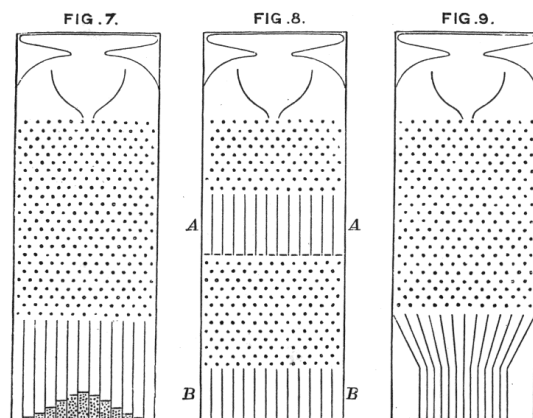


Fig. 6.4. (a) The quincunx, (b) the double quincunx, (c) the convergent quincunx (from Galton 1889)

Gráfico 14: Imagen de la «máquina de Galton» (Quincunx) presentada por Francis Galton en su texto *Natural Inheritance* (1894), en la página 63.







Gráfico 15: Reconstrucción de la «máquina de Galton» (Quincunx).

**Desarrollo de la metodología del Teorema Central del Límite (TCL), el contraste de hipótesis (nula y alternativa), nivel de significancia, formulación de la regla de decisión y test del estadístico de prueba.**

Las matemáticas fueron desarrolladas en la segunda parte de este ensayo: “*Teorema de Lo Bello. Ecuaciones matemáticas entre la filosofía del arte (la belleza) y la teoría de la probabilidades y estadísticas*” (Parte II).

La *distribución Normal* (Normal se escribe con N, mayúscula) fue presentada por primera vez por Abraham de Moivre en un artículo del año 1733, que fue reimpreso en la segunda edición de su *The Doctrine of*

*Chances* (1738), en el contexto de cierta aproximación de la distribución binomial para grandes valores de  $n$ . Su resultado fue ampliado por Laplace en su libro *Teoría analítica de las probabilidades* (1812), y en la actualidad se llama *Teorema de De Moivre-Laplace*.

Laplace usó la *distribución Normal* en el análisis de errores de experimentos. El importante método de mínimos cuadrados fue introducido por *Legendre* en 1805. Gauss, quien afirmaba haber usado el método desde 1794, lo justificó rigurosamente en 1809 asumiendo una *distribución Normal* de los errores. El nombre de Gauss se ha asociado a esta distribución porque la usó con profusión cuando analizaba datos astronómicos y algunos autores le atribuyen un descubrimiento independiente del de De Moivre. En efecto, *Wussing* afirma que la *distribución Normal* y sus aplicaciones a la teoría de errores se asocia a menudo con el nombre de Gauss, quien la descubrió –igual que Laplace– independientemente; no obstante ya había sido estudiada por de Moivre. Esta atribución del nombre de la distribución a una persona distinta



de su primer descubridor es un claro ejemplo de la ley de Stigler, dado que la *distribución Normal* o distribución gaussiana no fue descubierta por Gauss, sino por De Moivre.

A pesar de esta terminología, otras distribuciones de probabilidad podrían ser más apropiadas en determinados contextos. Lo que corresponde a una discusión sobre incidencia. Las distribuciones que son aproximadas a una curva *Normal gaussiana* aparecen por doquier, como queda explicado por el *Teorema Central del Límite* (TCL). El *Teorema del Límite Central* o *Teorema Central del Límite* (el nombre viene de un documento científico escrito por **George Pólya** en 1920, titulado *Über den zentralen Grenzwertsatz der Wahrscheinlichkeitsrechnung und das Momentenproblem*, traducido como *Sobre el «teorema del límite» (Grenzwertsatz) central del cálculo probabilístico y el problema de los momentos*).

Por lo que lo central –importante– es el teorema (no el límite) e indica que, en condiciones muy generales, si  $S_n$  es la suma de  $n$  variables aleatorias independientes y de

varianza no nula pero finita, entonces la función de distribución de  $S_n$  se aproxima bien a una *distribución Normal* (también llamada *distribución gaussiana*, *curva de Gauss* o *campana de Gauss*). Así pues, el teorema asegura que esto ocurre cuando la suma de estas variables aleatorias e independientes es lo suficientemente grande ( $n \geq 30$ ).

Cuando en un fenómeno se sospecha la presencia de un gran número de pequeñas causas actuando de forma aditiva e independiente es razonable pensar que las observaciones serán *Normales*. Una lista de situaciones que estarían, aproximadamente, normalmente distribuidas podría implicar, además de las ya conocidas características físicas de especímenes biológicos (muy estudiadas por los biólogos, médicos clínicos u otros especialistas), distribuciones de test de inteligencia (muy utilizados por psicólogos y médicos psiquiatras); y como era de esperarse, la hipótesis sobre el gusto estético de las personas, individuos y/o grupos humanos culturalmente definidos (en el espacio y el tiempo) direccionado hacia la observación, apreciación artística y/o consumo de diversas obras de arte (en



sus múltiples variantes: plástica, música, escultura, etcétera) y de diseño de objetos, artefactos, mobiliario y decoración de interiores, arquitectura, diseño industrial de electrodomésticos, electrónica y automotores (automóviles, motocicletas, camiones y diversos medios de transporte). La lista es imposible de detallar en este trabajo y los alcances potenciales se estiman mundiales.

Solo que la pandemia del Coronavirus (COVID-19) ahora nos está mostrando su aplicación mundial.

En estadística y probabilidad, a la gráfica de la Distribución Normal, Distribución de Gauss (también conocida como *distribución gaussiana*), o distribución de Laplace-Gauss, se la conoce como una función de densidad que tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro estadístico. El nombre de *campana* viene de *Esprit Jouffret* que usó el término *bell surface* (superficie campana) por primera vez en 1872 para una *distribución Normal* bivalente de componentes independientes.

### Metodología.

El problema fue obtener una medida matemática (numérica) para la variable cualitativa de *LoBello*, a partir del grupo de personas estudiadas (muestra). Es decir, una medida matemática capaz de expresar cuantitativamente (una calificación numérica, entre un mínimo de uno y un máximo de diez) la subjetividad que las unidades de análisis (lo sujetos, individuos consumidores/usuarios de un objeto de diseño) atribuyen a los objetos/productos de diseño industrial. Ese grupo de medidas conforman los datos.

Los datos son los valores (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10) observados (medidos) asignados subjetivamente por los sujetos (muestra representativa) de unidades de análisis a la variable de *LoBello*.

Los valores registrados a partir de la medición de la subjetividad asignada numéricamente por los usuarios de los objetos/productos, se almaceno como base de datos numéricos, a los que luego se procesó a partir de la metodología estadística-probabilística (metodología cuantitativa matemática).



En efecto, los usuarios/consumidores fueron capaces de expresar la medida de su subjetividad sobre la variable (x) de *lo bello*, que se procesaron con las herramientas estadístico-probabilísticas a partir del *Teorema Central del Límite* (TCL), la función gaussiana y otras técnicas como Ji-cuadrado (no ejemplificada aquí).

Por el momento –y para evitar mayores inconvenientes– se prefiere evitar la formulación matemática del TCL, sosteniendo que una muestra aleatoria simple de tamaño  $n$  de cualquier población de media  $\mu$  y desviación típica  $\sigma$ . Cuando  $n$  es grande, la distribución de la media muestral  $\bar{X}$  se aproxima a la distribución normal  $N(\mu, \sigma/\sqrt{n})$  con media  $\mu$  y desviación típica  $\sigma/\sqrt{n}$ .

Ampliándolo a la distribución gaussiana o Normal, presenta una relación con la distribución  $\chi^2$  Pearson, que es un caso especial de la distribución gamma ( $\Gamma$ ). La primera contribución del matemático **Karl Pearson** (1857-1936) que resulta interesante citar, para hacerse una idea del tipo de trabajo que guarda esta investigación transcribimos la siguiente

cita tomada del prefacio de las conferencias brindadas por K. Pearson.

Una serie de conferencias sobre la Historia de la Estadística que brindó en el University College de Londres entre los años de 1921 y 1933. Las conferencias fueron recogidas por su hijo **Egon Pearson**, catedrático de Estadística en el University College también, y que aunque algunas personas no eran partidarias de su publicación sin ser revisadas, constituyen un valioso documento para la historia.

En especial se cita el ítem dos (2) de cuatro ítems aclaratorios que brindo Pearson:

“2. Hay una curva fundamental en estadística que lleva el nombre de Gauss. Laplace la descubrió diez años antes y su descubridor real fue De Moivre medio siglo antes<sup>29</sup>”.

En estadística, la distribución de Pearson, llamada también *Ji-cuadrada(o) o Chi-cuadrado(a) ( $X^2$ )*, es una distribución de probabilidad continua con un parámetro ( $k$ ) que

<sup>29</sup> GÓMEZ VILLEGAS, M. A. (2009): “Karl Pearson, el creador de la Estadística Matemática”, *Historia de la probabilidad y la Estadística*, IV, Huelva, pp. 351-356. Disponible en línea: <http://estadisticamigable.blogspot.com/2013/10/karl-pearson-el-creador-de-la.html> [Fecha de consulta: 01/07/2020].

representa los grados de libertad de la variable aleatoria.

La relación entre la *distribución Normal* y la distribución  $\chi^2$  Pearson, como se manifestó anteriormente, se formula a continuación. De hecho, cuando ( $k$ ) en la distribución de Pearson es suficientemente grande, como consecuencia del *Teorema Central del Límite* (TCL), puede aproximarse a una *distribución Normal*.

En estadística y probabilidad se llama *Distribución Normal*, *Distribución de Gauss* (también conocida como *distribución gaussiana*) o *Distribución de Laplace-Gauss*, a una de las distribuciones de probabilidad de variable continua que con más frecuencia aparece en estadística y en la teoría de probabilidades. La gráfica de su función de densidad tiene una forma acampanada y es simétrica respecto de un determinado parámetro estadístico. Esta curva se conoce como *campana de Gauss* y es el gráfico de una función gaussiana.

$$f(\phi) = \int 1/\sqrt{2\pi\sigma^2} e^{-(bello-\mu)^2/2\sigma^2} \cdot dbello = 1$$

*Ecuación n° 2: Función de distribución  $f(\phi)$ ,  $\phi$  de lo bello. Adaptación de la función gaussiana. Elaboración propia.*

La importancia de esta distribución radica en que permite modelar numerosos fenómenos naturales, sociales y psicológicos (como el gusto estético, propio de la subjetividad humana); aquí es donde ingresa la psicología –e incluso Filosofía– del arte referida a la interpretación de la belleza o lo que Kant denominó como: *belleza adherente*. Por esto, en este trabajo se lo cita como: *belleza adherente kantiana*.

Mientras que los mecanismos que subyacen a gran parte de este tipo de fenómenos son desconocidos, por la enorme cantidad de variables incontrolables que en ellos intervienen, el uso del modelo normal (curva gaussiana) puede justificarse asumiendo que cada observación se obtiene como la suma de unas pocas causas independientes.



Aquí radica la innovación teórica de este trabajo de investigación, devenida del campo matemático y estadístico, para vincularlo a los Marcos Teóricos propios de la Filosofía, la Estética y la Teoría del Arte.

Karl Pearson fue un prominente científico, matemático y pensador británico, que estableció la disciplina de la estadística matemática. Desarrollo una intensa investigación sobre la aplicación de los métodos estadísticos en la biología y fue el fundador de la bioestadística. Karl Pearson en co-autoría con *Alice Lee*, publican en la revista *Biometrika*, Volumen 2; un gráfico de la curva gaussiana que apareció en el artículo: “*Sobre las Leyes de la Herencia en el Hombre: I. Herencia de los Caracteres Físicos*”.

Según la siguiente grafica de la función gaussiana, muestra en el eje de abscisas a la variable cuantitativa (x) de *lo bello* (o la *belleza adherente* kantiana). Por otro lado, la cantidad de casos (n) de la muestra quedo definida en el eje de ordenada.

La ecuación nº 2 puede ser escrita como función de *distribución Normal*, a partir de la siguiente integral nº 3:

$$\Phi_{\mu,\sigma^2}(bello) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\cdot\pi}} e^{\frac{(-bello-\mu)^2}{2\cdot\sigma^2}} \cdot dbello = 1$$

*Ecuación nº 3: Integral. Elaboración propia.*

Cuya función de distribución  $f(x)$  de *lo bello*, es una *distribución Normal estándar*  $N(0;1)$  donde cero (0) significa la media ( $\mu$ ) y el número entero uno (1) del valor es la desviación estándar de *lo bello*.  $N(\mu;\sigma)$ . Por lo cual, haciendo los arreglos convenientes, se adopta la siguiente forma de integral nº 4 para una *Distribución Normal estándar* (tipificada o reducida) de *lo bello*.

$$\Phi_{0,1}(lobello) = \int_{-\infty}^{lobello} e^{-\mu^2/2} \cdot dlobello = \sqrt{\pi}$$

*Ecuación nº 4: Función de densidad tipificada  $f(lo\ bello)$ , para una distribución Normal tipificada (o reducida) de lo bello.*

*Elaboración propia.*



**Hipótesis cuantitativa (matemática) fundamentada en las hipótesis cualitativas que fundamenta que el modelo científico-matemático del COVID-19 (Coronavirus) es aplicable a la investigación en Diseño Industrial.**

El *Teorema Central del Límite* (TCL), y los postulados matemáticos de DeMoivre-Laplace-Gauss sobre la distribución de datos en forma de campana, pueden ser aplicados a la medición de la *belleza adherente kantiana*. Donde los datos, provienen de la variable aleatoria independiente de *lo bello*. El TCL describe la distribución de la media o promedio ( $\bar{X}$ ) de una muestra aleatoria proveniente de una población con varianza ( $\sigma^2$ ) finita. El término *varianza* fue acuñado por **Ronald Fisher** en un artículo publicado en enero de 1919 con el título *The Correlation Between Relatives on the Supposition of Mendelian Inheritance* (traducido al español como: *La correlación entre parientes en la suposición de herencia mendeliana*).

Cuando el tamaño de la muestra es lo suficientemente grande ( $n \geq 30$ ), la distribución de la media sigue aproximadamente una *distribución*

*Normal*, siendo la misma:  $N(\bar{X}; \sigma)$ , donde  $N$ (media; desviación estándar o desviación típica). Por tanto, la mediana y moda coinciden en el punto de la media ( $\bar{X}$ ).

El TCL nos indica que, en condiciones muy generales, si  $\bar{X}$  es la suma de “ $n$ ” variables independientes y de varianza no nula pero finita, entonces la función de distribución de *lo bello* se aproxima bien a una *distribución Normal* (también llamada *distribución gaussiana*, *curva de Gauss* o *campana de Gauss*).

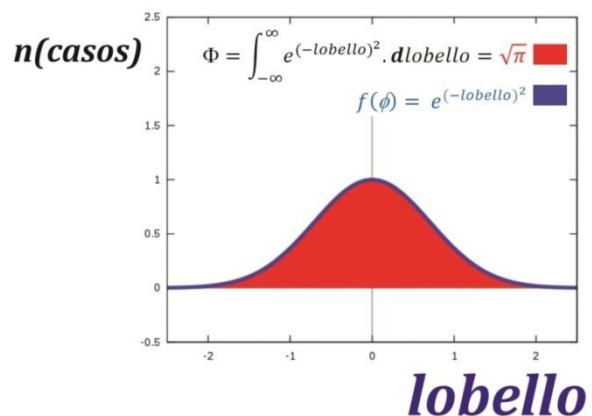


Gráfico 16: La integral de Gauss como:

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-lobello^2 / 2} \cdot dlobello = \sqrt{\pi}, \text{ y la}$$

$$\text{función } y = f(lobello), \text{ como: } f(\phi) =$$

$$e^{(-lobello)^2} = 1. \text{ Imagen tomada del artículo}$$

*Teorema de Lo Bello (Parte II)*<sup>30</sup>,

*artículo de fecha. Elaboración propia.*

<sup>30</sup> ANERSON, I. F. (2019): “Teorema de Lo Bello (Parte II): Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial”, *ArtyHum Revista Digital de*



De modo tal que la integral de Gauss, la presentamos como la ecuación nº 6:

$$\Phi = \int_{-\infty}^{\infty} e^{-lobello^2/2} \cdot dlobello = \sqrt{2\pi}$$

*Ecuación nº 6: Integral gaussiana de lo bello.  
Elaboración propia.*

En tanto la función  $y = f$  (lo bello), la representamos como la ecuación nº 7:

$$f(\phi) = e^{(-lobello)^2} = 1$$

*Ecuación nº 7: La función phi ( $\Phi$ ) de lo bello.  
Elaboración propia.*

Por lo que en la práctica, para grafica utilizaremos la siguiente función de densidad de probabilidad:

$$f(\phi) = \frac{1}{\sigma^2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{lobello - \bar{X}}{\sigma}\right)^2}$$

*Ecuación nº 8: Función de densidad de probabilidad. Elaboración propia.*

Ejemplos de aplicación práctica sobre estas ecuaciones fueron desarrolladas en los artículos: *Teorema de Lo Bello. Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial* (Parte I) y también en el artículo *Teorema de Lo Bello. Ecuaciones matemáticas entre la filosofía del arte (la belleza) y la teoría de las probabilidades y estadísticas* (Parte II). Ambos presentados en la revista *ArtyHum* N° 60 y N° 64 respectivamente, se recomienda su lectura para una mayor profundización.

### Hipótesis.

La media muestral de *Phi* ( $\phi$ ) de *LoBello* tendrá una distribución aproximadamente *Normal*<sup>31</sup> tal cual Gauss (1777-1855) lo describió; siempre que la cantidad de casos (n) sea grande ( $n \geq 30$ ).

Artes y Humanidades, N° 64, Vigo, pp. 32-61.  
Disponible en línea:  
<https://www.artylum.com>  
[Fecha de consulta: 01/07/2020].

<sup>31</sup> Siendo la distribución Normal:  $N(\mu; \sigma)$ , donde  $N$ (media; desviación estándar o desviación típica). Por tanto, la mediana y moda coinciden en el punto de la media ( $\mu$ ).





**Resultados.**

**Ejemplificación de un caso #1, la silla Thonet #14: ¿Cómo se calcula la media y la desviación típica de un caso?**

Explicaremos la fórmula del cálculo de la media y la desviación típica de un caso con un ejemplo, pero aclaramos que esto se puede aprender en cualquier libro de estadística.

Supongamos que la mundialmente reconocida silla #14 de *Michael Thonet* fue sometida a un testeo sobre una muestra de 2150 individuos (sujetos argentinos de una muestra representativa de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina, radio urbano) a quienes se les pidió que la calificaran del 1 al 10 (puntuación mínima uno: 1, puntuación máxima diez: 10) dicha silla (siendo uno su menor gusto estético y diez su mayor gusto estético). Los datos fueron anotados en una tabla y dieron el siguiente resultado: una media de 6,02 y la desviación estándar o también llamada desviación típica es 5,9.



*Gráfico 17: Silla de Michael Thonet, Konsumstuhl Nr. 14.*

La media y la desviación típica, fueron obtenidos de la siguiente manera:

Calificaciones Numérica subjetivas	Cantidad (frecuencia absoluta)
1	40
2	70
3	120
4	240
5	320
6	450
7	370
8	280
9	170
10	90
<b>Total</b>	<b>2150</b>

*Tabla n° 1: Elaboración propia.*



Si clasificamos en cinco (5) intervalos la muestra de 2150 individuos. Pasamos las calificaciones (cuantitativas) a valores de variables (cualitativas) y obtenemos la siguiente tabla:

Valores de la variable	Intervalos	xi	Fa	Fa*xi	Fa*(xi) <sup>2</sup>
Malo	1-2	1,5	110	111,5	247,5
Regular	3-4	3,5	360	1260	4410
Bueno	5-6	5,5	770	4235	23292,5
Muy Bueno	7-8	7,5	650	4875	36562,5
Excelente	9-10	9,5	260	2470	23465

Tabla n° 2: Elaboración propia.

Luego aplicamos las siguientes fórmulas correspondientes.

$$\bar{X} = \frac{\sum fa \cdot xi}{\sum fa} = \frac{12951,5}{2150} = 6,02$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum fa \cdot (xi)^2}{\sum fa} - \bar{X}^2} = \sqrt{\frac{87977,5}{2150} - 6,02^2} = \sqrt{34,89} = 5,9$$

### Desarrollo de un caso #2 de estudio de Diseño Industrial.



Gráfico 18: Automóvil Volkswagen Tipo 1 (escarabajo). VW 1302, Bauzeit: Sommer 1970 bis Sommer 1972; Räder des abgebildeten Fahrzeugs nicht serienmäßig, Kennzeichen verändert.

Ahora que ya ilustramos cómo se calculan la media y la desviación típica con el caso de la silla Thonet #14, vamos al siguiente ejemplo del automóvil Volkswagen escarabajo.

Observemos el siguiente caso. Las puntuaciones obtenidas (entre: 1-10 puntos) brindadas por una encuesta de puntuación de *LoBello* sobre un Producto de Diseño Industrial (aquí lo hemos representado por el Volkswagen escarabajo, pero como dijimos bien podría ser cualquier otro producto, como una silla, etcétera).

Suponiendo que las puntuaciones están distribuidas normalmente (según una distribución Normal); y también suponiendo que una investigación sobre una muestra nos arrojó que la media es 6,7 ( $\bar{X} = 6,7$ ) y la desviación típica es 1,2 ( $\sigma = 1,2$ ). Cosa que no hemos calculado, pero que lo podríamos hacer si quisiéramos con el procedimiento de las Tablas n° 1 y 2, junto con la aplicación de las fórmulas correspondientes que se encuentran debajo de dichas tablas.



Averiguaremos: ¿qué porcentaje (%) de individuos de la muestra (sujetos, personas) otorgaron una puntuación de *LoBello* seis (6) al diseño del objeto / producto escarabajo?

La solución a este problema, el planteo de la probabilidad en forma de integral de Laplace-Gauss-Kant:

$$P(5,5 \leq LoBello \leq 6,5) = \int_{5,5}^{6,5} \frac{1}{1,2\sqrt{2\pi}} e^{-(lobello-6,7)^2/(2*1,2)} \cdot dlobello$$

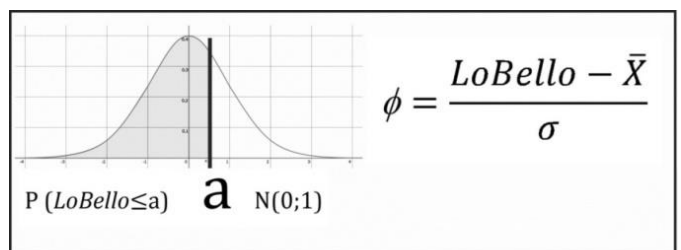
Ecuación n° 9: Probabilidad en forma de integral de *LoBello*. Elaboración propia.

A continuación calculamos la distribución Normal tipificada de *LoBello*.

Luego si aplicamos la siguiente Tabla n° 3 de *LoBello* o tabla Normal estándar modificada a nuestra necesidad. La utilizaremos para determinar la probabilidad de que se observe una muestra estadística por debajo, por encima o entre dos valores dados de una distribución normal estándar, y por extensión, de cualquier distribución normal.

Teniendo en consideración que las tablas de probabilidad no se pueden imprimir para cada distribución normal,

dado que existe una variedad infinita de distribuciones normales, es una práctica común convertir una distribución normal en una normal estándar y luego usar la tabla normal estándar para determinar las probabilidades buscadas.



SEGUNDO DECIMAL DE Z										
Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0		0.0040	0.0080	0.0120	0.0160	0.0199		0.0279	0.0319	0.0359
0.1							0.0636	0.0675	0.0714	0.0753
0.2		0.0832	0.0871	0.0910	0.0948	0.0987	0.1026	0.1064	0.1103	0.1141
0.3		0.1217	0.1255	0.1293	0.1331	0.1368	0.1406	0.1443	0.1480	0.1517
0.4		0.1591	0.1628	0.1664	0.1700	0.1736	0.1772	0.1808	0.1844	0.1879
0.5		0.1950	0.1985	0.2019	0.2054	0.2088	0.2123	0.2157	0.2190	0.2224
0.6		0.2291	0.2324	0.2357	0.2389	0.2422	0.2454	0.2486	0.2517	0.2549
0.7		0.2611	0.2642	0.2673	0.2704	0.2734	0.2764	0.2794	0.2823	0.2852
0.8		0.2910	0.2939	0.2967	0.2995	0.3023	0.3051	0.3078	0.3106	0.3133
0.9		0.3186	0.3212	0.3238	0.3264	0.3289	0.3315	0.3340	0.3365	0.3389
1.0	0.3413	0.3438	0.3461	0.3485	0.3508	0.3531	0.3554	0.3577	0.3599	0.3621
1.1	0.3643	0.3665	0.3686	0.3708	0.3729	0.3749	0.3770	0.3790	0.3810	0.3830
1.2	0.3849	0.3869	0.3888	0.3907	0.3925	0.3944	0.3962	0.3980	0.3997	0.4015
1.3	0.4032	0.4049	0.4066	0.4082	0.4099	0.4115	0.4131	0.4147	0.4162	0.4177
1.4	0.4192	0.4207	0.4222	0.4236	0.4251	0.4265	0.4279	0.4292	0.4306	0.4319

Tabla n° 3: Tabla de distribución Normal  $N(0;1)$ , o también conocida como Tabla Z en el mundo de las probabilidades y estadística, o tabla Normal estándar para el cálculo de estadístico (test) para una muestra. Elaboración propia como tabla Normal de *LoBello*.

$$\phi_1 = \frac{5,5-6,7}{1,2} \quad \phi_2 = \frac{6,5-6,7}{1,2}$$

$$\phi_1 = -1,0 \quad \phi_2 = -0,16$$

$$\phi_1 = 0.3413 \quad \phi_2 = 0.0636$$

$$\phi_1 = 34,13\% \quad \phi_2 = 6,36\%$$

$$\phi_1 - \phi_2 = 34,13\% - 6,36\% = 27,77\%$$

Como ya habíamos dicho, un método más rápido y que no requiere cálculos por tablas, es por computadora utilizando software (InfoStat), veamos:

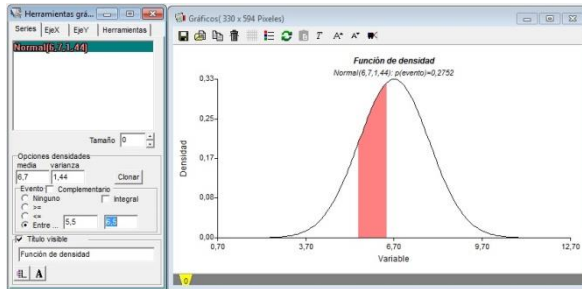


Gráfico 19: Captura de pantalla de la gráfica por computadora de función de densidad de la variable de LoBello calculada a partir de la media 6,7 ( $\mu=6,7$ ) y una desviación standar 1,2 ( $\sigma=1,2$ ) equivalente a una varianza=1,44.

Elaborado con el software InfoStat.

Arroja la Probabilidad del evento

$P(\text{evento})=0,2752= 27,52\%$  (el mismo valor anteriormente calculado por el método analítico por Tabla). Evidentemente este método es más rápido y nos evita la utilización de complejas tablas y cálculos.

## Conclusiones.

Los valores cuantitativos, capaces de expresar la medida de la subjetividad de la variable de *LoBello* se procesaron matemáticamente con las herramientas estadístico-probabilísticas. Para lo cual se utilizó el postulado matemático de A. de Moivre (1667-1754), Laplace (1749-1827) y C. F.

Gauss (1777-1855) (DeMoivre-Laplace, 1812: s/p) sobre el Teorema Central del Límite (TCL) a la medición de la *belleza-adherente-kantiana*. Donde los datos, provenientes de la variable de *LoBello*, mostraron que la media muestral tiene una distribución aproximadamente Normal<sup>32</sup> tal cual Gauss (1777-1855) lo describió; siempre que la cantidad de casos ( $n$ ) sea grande ( $n \geq 30$ ).

Esta fundamentación epistemológica, sobre la Belleza, es innovadora en Ciencias Sociales aplicadas a la estética implicada en el proyecto de diseño industrial.

¿Estamos en condiciones de afirmar el *Teorema de Lo Bello* y generalizar la abstracción de la ecuación para ser aplicada a distintas situaciones problemáticas?

Uno de los resultados más importantes de la teoría estadístico-probabilística, describe que las medias muestrales se distribuyen de forma aproximadamente Normal, cualquiera sea la forma de la distribución de los datos individuales.

<sup>32</sup> Siendo la distribución Normal:  $N(\mu; \sigma)$ , donde  $N$ (media; desviación estándar o desviación típica). Por tanto, la mediana y moda coinciden en el punto de la media ( $\mu$ ).

A modo de planteo final, queda abierto este debate para quienes logren fundamentar (o refutar) en mayor profundidad la fundamentación lógica de este trabajo. Recordando que el mismo expresa un esfuerzo por vincular la matemática (Ciencia Exacta) con la teoría del arte, la estética y el diseño industrial o gráfico (Ciencia Social).

No pretende ser una verdad cerrada, sino una pregunta abierta para hacer progresar la Ciencia Social del arte y el diseño.

Como conclusión central (tesis) se afirma que: *la media muestral de Phi ( $\phi$ ) de LoBello tendrá una distribución aproximadamente Normal siempre que la muestra ( $n$ ) de sujetos sea lo suficientemente grande ( $n \geq 30$ ).*

Afirmando, que si todos los estudiosos de las Ciencias Exactas –como los físicos y matemáticos– estudiaran el arte en profundidad, del mismo modo que si todos los estudiosos de las Ciencias Sociales –como los filósofos, sociólogos, antropólogos y semiólogos– estudiaran matemática en general (o cálculo de probabilidades y estadística en particular).

El conocimiento, desde una concepción epistemológica profunda, sería más científico.

Así la Ciencia sería más rica e interdisciplinaria, debería ayudar a comprender mejor un mundo complejo que no se puede explicar a sí mismo, menos aún si dicha mirada epistemológica es unidimensional (de una sola Ciencia).

En efecto, los conceptos teóricos de la estética y el arte, y sus definiciones sobre la belleza, como una definición compleja proveniente de campos teóricos puros de las Ciencias Sociales (principalmente de la Filosofía), se ha agotado en sí mismo. Parafraseando a Nietzsche o interpeándolo: ¿el estudio de la belleza, desde una teoría puramente filosófica, ha muerto?

*Ceteris paribus*: ¿la matemática como herramienta del estudio de la belleza está naciendo en forma de probabilidad y estadística?

¿Lo está haciendo nacer –tristemente– el COVID-19 o solo lo está haciendo que se haga público y popular algo que ya era sabido por los estudiosos de las Ciencias Exactas y Naturales?



Responder esta pregunta, de ningún modo debe significar caer en un nuevo dogma cuasi-científico (el que se atribuye la crítica estético-filosófica del Arte, como Ciencia Social). La respuesta, tampoco pretende ser una verdad cerrada, sino una pregunta abierta. Recordando que el mismo expresa un esfuerzo por vincular la matemática (Ciencia Exacta) con la teoría del arte, la estética y el diseño industrial o gráfico (Ciencia Social).

Con un final abierto e incierto, de lo único que se está seguro es de donde se ha iniciado el trabajo; siempre con una mentalidad abierta a la interpretación científica, no se buscan verdades cerradas ni definitivas (como el dogma de la *Filosofía Moderna* de la *Escuela de la Bauhaus* y el *Movimiento Moderno en Arquitectura* y diseño de muebles y objetos ha intentado establecer). Todo lo contrario a lo que se suponía, tal cual la pandemia del COVID-19 lo está manifestando, y simultáneamente poniendo en jaque la salud y las economías del mundo, este trabajo –humildemente– es un esfuerzo por unir ciencias con marcos teóricos diversos y complejos de modos interdisciplinarios.

Como le gustaba decir a mi maestro de la materia de Metodología de la Investigación Científica, Ph.D. **Juan Samaja**, para tener hipótesis creativas (abductivas) hay que saltar la valla (intelectual): *Hic Rhodus, hic salta!*

Cuya moraleja es que si no puedes probar con los hechos lo que dices, no estás diciendo nada; y en todo momento, en estas cuatro partes de desarrollo del artículo: *Teorema de Lo Bello*, lo que en definitivas cuentas se han buscado son pruebas académicas y científicas.

Si saltamos –las vallas de– las limitaciones propias de las metodologías de las Ciencias Sociales y de las Naturales o Exactas, ¿podremos crear un marco teórico interdisciplinario más rico?

Lo mismo quizás valga para las Ciencias Exactas, un poco de Hermenéutica, no les vendría mal tampoco. Después de todo, el único propósito final debería ser mejorar los métodos.

Pulir el Estado del Arte de las Metodologías (cuantitativas y cualitativas).



---

Pero como ese debate ya es otra historia, damos por concluido esta parte, diciendo: “*¡Aquí está Rodas, aquí salta!*”.





## BIBLIOGRAFÍA.

BEHAR GUTIÉRREZ, R.; GRIMA CINTAS, P.: *55 respuestas a dudas típicas de Estadística*. Madrid, Ediciones Díaz de Santos S.A., 2004.

DE MOIVRE, A.: *The Doctrine of Chances*. Londres, A Millar, 1738.

FELLER, W.: *Introducción a la teoría de la probabilidad y sus aplicaciones, Vol. 1*. Nueva York, Wiley, 1968.

FELLER, W.: *Introducción a la teoría de la probabilidad y sus aplicaciones, Vol. 2*. Nueva York, Wiley, 1971.

FISCHER, H.: *Una historia del Teorema Central del Límite: de la teoría de la probabilidad clásica a la moderna. Fuentes y estudios en la historia de las matemáticas y las ciencias físicas*. Nueva York, Springer, 2011.

GALTON, F.: *Herencia natural*. Londres, Macmillan & Co., 1889.

GÓMEZ VILLEGAS, M. A.: *Inferencia Estadística*. Madrid, Díaz de Santos, 2005.

GNEDENKO, B. V.; KOLMOGOROV, A. N.: *Límite de las distribuciones para sumas de variables aleatorias independientes*. Cambridge, Addison-Wesley, 1954.

HENK, T.: *Comprensión de la probabilidad: reglas de azar en la vida cotidiana*. Cambridge, Cambridge University Press, 2004.

HODGES, A.: *Alan Turing: El enigma*. Londres, Burnett Books, 1983.

PAPOULIS, A.: *Probabilidad, variables aleatorias y procesos estocásticos*. Nueva York, McGraw-Hill, 1984.

PATEL, J. K.; READ, C. B.: *Manual de la distribución Normal*. Nueva York, Dekker, 1982.

PETROV, V. V.: *Sumas de variables aleatorias independientes*. Nueva York, Heidelberg, Springer-Verlag, 1976.

STEINHAUS, H.: *Instantáneas matemáticas*. Nueva York, Dover, 1999.

SPIEGEL, M. R.: *Teoría y problemas de probabilidad y estadística*. Nueva York, McGraw-Hill, 1992.

STAHL, S.: "La evolución de la distribución Normal", *Comunicaciones en estadística, s/pp*. Colombia, Universidad Santo Tomás, 2008.

STIGLER, S.: "Ley de la epónimia de Stigler", *Transacciones de la Academia de Ciencias de Nueva York*, 39, pp. 147-158. S/l, s/E, 1980.

VAN DER VAART, A. W.: *Estadísticas asintóticas*. Nueva York, Cambridge University Press, 1998.

WHITTAKER, E. T.; ROBINSON, G.: "Distribución de frecuencia normal", *El cálculo de las observaciones: un tratado sobre matemáticas numéricas, s/pp.*, Nueva York, Dover, 1967.

WUSSING, H.: "Lección 10", *Lecciones de Historia de las Matemáticas*. España, Siglo XXI de España Editores S.A, 1998, p. 190.





## WEBGRAFIA.

ANDERSON, I. F.:

- (2019): "Teorema de Lo Bello: Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial", *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 60, Vigo, pp. 55-79. Disponible en línea:

<https://www.artyhumb.com/revista/60/mobile/index.html#p=56> [Fecha de consulta: 01/07/2020].

- (2019b): "Teorema de Lo Bello (Parte II): Aplicación estadístico-probabilística al concepto estético-filosófico de lo bello en el diseño industrial", *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 64, Vigo, pp. 32-61. Disponible en línea:

<https://www.artyhumb.com/revista/64/mobile/#p=32> [Fecha de consulta: 01/07/2020].

- (2019c): "Teorema de Lo Bello y Lo Útil (Parte III). Evolución histórico-dialéctica de los conceptos de belleza y utilidad técnica en los objetos de diseño industrial", *ArtyHum Revista Digital de Artes y Humanidades*, N° 67, Vigo, pp. 33-75. Disponible en línea:

<https://www.artyhumb.com/revista/67/#p=34> [Fecha de consulta: 01/07/2020].

GÓMEZ VILLEGAS, M. A.: "Karl Pearson, el creador de la Estadística Matemática", *Historia de la probabilidad y la Estadística*, IV, Huelva, 2009, pp. 351-356. Disponible en línea:

<http://estadisticamigable.blogspot.com/2013/10/karl-pearson-el-creador-de-la.html>

[Fecha de consulta: 01/07/2020].

STEVENS, H.: "Por qué brotes como el del coronavirus crecen exponencialmente y cómo 'aplanar la curva'", *The Washington Post*, Washington, 2019, s/p. Disponible en línea:

<https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/world/corona-simulator-spanish/>

[Fecha de consulta: 01/07/2020].

SÁNCHEZ IBARBO, L. F.: *Análisis Histórico epistemológico sobre el surgimiento de la Distribución Normal*. Colombia, 2016, s/p.. Disponible en línea:

<http://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/10893/13215/1/0555841.pdf>

[Fecha de consulta: 01/07/2020].

PEARSON, K.; LEE, A.: "Sobre las leyes de Herencia en el hombre: I. Herencia de lo físico Caracteres", *Biometrika*, 2, 4, Cambridge, 1903, pp. 357-462. Disponible en línea:

<https://doi.org/10.1093/biomet/2.4.357>

[Fecha de consulta: 01/07/2020].

## Láminas.

Portada.

<http://apunteswiki.wikidot.com/tablero-de-galton>

<https://www.google.com/doodles/thank-you-public-health-workers-and-to-researchers-in-the-scientific-community>

Lámina 2 y 3.

<https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/world/corona-simulator-spanish/>

Lámina 4.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-51835806>



*Lámina 5.*

<http://www.pagina16.com.ar/coronavirus-que-significa-aplanar-la-curva/>

*Lámina 6.*

<https://www.infobae.com/america/mundo/2020/04/01/de-la-pandemia-al-cambio-climatico-asi-es-la-ciencia-del-riesgo/>

*Lámina 7.*

<https://www.infobae.com/politica/2020/04/22/coronavirus-en-la-argentina-alberto-fernandez-analiza-extender-la-cuarentena-obligatoria-hasta-el-10-de-mayo-inclusive/>

*Lámina 8.*

<https://spcgroup.com.mx/histograma-de-frecuencias/>

*Lámina 9 y 10.*

<https://www.agenciasinc.es/Noticias/Las-dos-graficas-que-explican-como-podemos-frenar-la-epidemia-de-COVID-19>

*Lámina 11.*

<https://www.google.com/doodles/thank-you-public-health-workers-and-to-researchers-in-the-scientific-community>

*Lámina 12.*

<https://www.google.com/doodles/johann-carl-friedrich-gaus-241st-birthday>

*Lámina 13.*

<http://apuntes.wiki.wikidot.com/tablero-de-galton>

*Lámina 14.*

<https://books.google.ru/books?id=vL0hq80XXqMC&pg=PA183>

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4796196>

*Lámina 15.*

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=59268653>

*Lámina 16.*

<https://www.artylum.com/revista/64/mobile/#p=32>

*Lámina 17.*

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael\\_Thonet\\_14.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michael_Thonet_14.jpg)

*Lámina 18.*

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VW\\_1302\\_\(2013-09-15\\_2307\\_Spu\).JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VW_1302_(2013-09-15_2307_Spu).JPG)



Lámina 19.

<https://www.infostat.com.ar/>

*\*Portada: Composición de elaboración propia en Corel Draw, utilizando la ecuación nº 7 presentado en este artículo junto al Doodle de Google para el 06/04/2020, donde Google agradecía a los trabajadores de salud pública y los investigadores de la comunidad científica que trabajan en la pandemia COVID-19 (Coronavirus o SARS-CoV-2). Captura de pantalla del capítulo "Los Simpson", donde Marge Simpson decide llevar a su familia al Museo de Ciencia. Allí, Bart y Lisa Simpson contemplan un tablero de Galton (o máquina de Galton), por el que caen pelotas; lo que demuestra la curva Normal o curva de Gauss tan usada en la teoría de las probabilidades y estadística. Idea central del artículo: Teorema de Lo Bello y su gráfica defendida en este artículo (y en las anteriores publicaciones de la revista ArtyHum).*

