Capítulo 10

Cálculo diferencial e integral hiperdimensional

El lenguaje universal para describir el comportamiento del entorno observable o determinable es la matemática, que mediante sus expresiones denominadas ecuaciones, permiten modelar el comportamiento del todo para una realidad determinada, en término de las premisas que son consideradas verdaderas para dicha realidad. Sin embargo, la matemática permite extender mediante su lenguaje el modelado de la realidad definida por otro observador que posea un conocimiento más exacto, es decir, premisas que sean más afines con la realidad aceptada. De manera, que la matemática permite la existencia de un relativismo que es dependiente del observador que define a su realidad y no excluye la existencia de otra realidad que pueda ser definida por otro observador.

La existencia del entorno es justificada por el cambio en el mismo valorado con las premisas consideradas válidas por el observador, por lo cual se necesitan herramientas para medir esos cambios que en realidad son simplemente comparaciones entre estados anterior y siguiente. No obstante algunos cambios deben ser valorados por secuencias consecutivas, lo cual obliga a la generación de una herramienta más compleja porque no debe solamente comparar un estado con el siguiente, sino a la relación de varios estados consecutivos cerca de una zona de análisis.

El cálculo diferencial e integral es el legado que los matemáticos han puesto a disposición de la ciencia, la ingeniería y la vida cotidiana para comprender su evolución. Dada la naturaleza compleja del cálculo diferencial es empleada de mayor manera, por la comunidad de personas conocedoras del mismo y que lo aplican en forma ordinaria, siendo los científicos y los ingenieros quienes más lo emplean.

Las bases del cálculo diferencial e integral, están asociadas mayoritariamente a expresiones matemáticas que involucran continuidad del espacio tiempo, de manera, que con la primera derivada pueden evaluar la sensibilidad al cambio que posee una función cerca de una región de puntos. Al igual, su operación inversa, denominada integral, es empleada para sumar en un continuo una serie de aportaciones del valor calculado a partir de una expresión denominada integrando, que debe contener unos límites para realizar la suma de aportaciones denominados límite inferior y superior del intervalo en estudio.

La primera derivada, está definida mediante la aplicación de un límite que valora el efecto de cambio en la función al acercarse a los puntos en estudio que pertenecen a pares propios o definidos por la misma función. De manera, que si f = f(x), su derivada queda definida por df/dx = $lim_{\Delta x \to 0}\left(\frac{f\left(x+\frac{\Delta x}{2}\right)-f\left(x-\frac{\Delta x}{2}\right)}{\Delta x}\right)$, lo cual equivale a la determinación de la tangente de la línea que pasa cerca del punto en cual se evalúa la derivada de la función. Si la derivada evaluada en el punto da un valor positivo, indica que cerca de esa región la tendencia del cambio de la función es positiva, es decir que la función es creciente cerca de dicha región. Si la derivada evaluada en el punto da cero, significa que el punto donde se evalúo la derivada, está cerca de una región posiblemente estable o muy inestable, quedando definida dicha situación al estudiar si el punto está asociado a un mínimo o a un máximo, o quizás un punto de inflexión.

El universo conocido está asociado a varias dimensiones, de manera que una función que describa el comportamiento de un ente en el mismo, debe contener expresiones sobre las cuales se valoré su posición. Esta puede ser descrita mediante una función matemática, y a partir de ella se pueden determinar algunas cantidades derivadas de la misma que tienen significado especial para su observador propio. Para un universo tridimensional espacial, la posición de un ente u objeto es indicada usualmente con tres componentes espaciales, etiquetada con otro número que se utiliza para dar sentido a la información. Esta etiqueta se denomina ***tiempo***, que para la ciencia actual es considerada una dimensión, pero que para el modelo basado en los eventos es un ordenador de eventos. De manera, que a cada instante de existencia

de una partícula, puede asociársele una posición en su universo, es decir en su única realidad conocida. Por lo general, la enseñanza de la ciencia emplea explicaciones del comportamiento de una partícula, basada especial en ilustraciones unidimensionales, es decir una dimensión espacial en el eje vertical y el ordenador tiempo en el eje horizontal, de tal manera, que los libros de texto de física presentan gráficas de *x*vs. t, v vs. t y a vs. t, con lo cuales ilustran el comportamiento de ¿cómo cambia de posiciones el ente al transcurrir el tiempo? En otras ocasiones usan ilustraciones de F vs.*x*, para ilustrar el concepto de trabajo y otras más que en esencia son muy similares.

La derivada puede ser empleada para analizar el comportamiento evolutivo posicional de una partícula, de manera, que se puede conocer si el valor de una de las coordenadas o varias de ellas, están aumentando o disminuyendo drásticamente o se mantienen invariantes al evolucionar respecto a su variable independiente. Por ejemplo, suponga que una partícula tiene un comportamiento evolutivo espacial definido por su vector de posición $\mathbf{r} = (3\ t)\ \mathbf{i} + (-4t^2 + 2)\ \mathbf{j} + 5t\ \mathbf{k}$, su primera derivada define el comportamiento de su velocidad en dicho espacio. Su velocidad es calculada con la primera derivada, cuyo valor es definido por $\mathbf{v} = 3\ i - 8\ t\ j + 5k$. Este vector indica, que el objeto cambiará su valor de componente de su posición con un factor constante respecto al **eje X** y al **eje Z**, no así respecto al **eje Y**. Respecto al **eje Y** se mostrará una variación constante en su valor de velocidad al transcurrir el tiempo, tal que tenderá a ir hacia la posición $y = 0$, luego se desplazará hacia los valores de y negativo con una tasa de cambio de 8 m cada segundo. La aplicación de la derivada con la cual se calcula la velocidad, determina la tasa de cambio para cada una de los ejes, calculando la derivada para cada componente, es decir, $v_x = dx/dt$, $v_y = dy/dt$ y $v_z = dz/dt$.

La segunda derivada se emplea para analizar la concavidad de la función en estudio, cuya utilidad es empleada para la búsqueda de máximos y mínimos de la misma, al igual que la posible existencia de puntos de inflexión. La segunda derivada de la función en estudio da $\mathbf{a} = -8\ \mathbf{j}$, lo cual implica que su aceleración es negativa en su componente *y*, lo cual indica que la tasa de cambio de la velocidad obliga a tener un valor más negativo cada segundo respecto a dicha dirección, mostrándose en la función posición **r**, una concavidad hacia arriba.

En un hiperespacio n dimensional continuo, la posición de un ente es definida por n componentes, de tal manera, que la tasa de cambio en la posición, se determina calculando n derivadas. Para ilustrar su cálculo, suponga que se tiene una partícula que convive en un hiperespacio tetra dimensional simple, es decir, en el cual solamente existe una realidad probable, de manera que su posición está definida por $\mathbf{r} = (r_x, r_y, r_z, r_w)$, donde cada una de las componentes depende del ordenador tiempo, que se asume lineal y único. La velocidad del ente ese hiperespacio será calculada mediante $v = dx/dt\ \mathbf{e}_x + dy/dt\ \mathbf{e}_y + dz/dt\ \mathbf{e}_z + dw/dt\ \mathbf{e}_w$.

Una función escalar puede depender de varias variables independientes, de manera que puede expresarse en términos de las mismas, obteniéndose el valor de la sensibilidad al cambio de la misma evaluándose dichas derivadas de la misma manera para cada una de esas variables. Sin embargo, es importante recalcar que una valoración de tasa de cambio puede quedar concatenada a otras variables ocultas en las mismas, es decir, que una variable está definida en término de otras variables. En la cinemática se presenta una ecuación del movimiento de proyectiles donde la coordenada tiempo puede eliminarse y la variación en la altura queda en términos de la posición horizontal. Como ilustración, asuma que $F = f(x, y, z, w) = 3*x^2*z^4/(y^2*w^2)$, de tal forma que $dF/dx = 6x*z^4/(y^2*w^2)$, $dF/dz = 12*x^2*z^3/(y^2*w^2)$, $dF/dy = -6*x^2*z^4/(y^3*w^2)$ y $dF/dw = -6*x^2*z^4/(y^2*w^3)$. Para crear una representación gráfica de esta función se ocupan cinco dimensiones o ejes, pues uno de ellos tiene que ser el valor de la función y se necesita el retículo de cuatro ejes para valorar los puntos sobre los que se analiza la función. Esto va a generar un cuerpo complejo de información debido a la cantidad de variables, pues puede variar tanto *x*, como *y*, como *z* o bien *w*.

La complejidad de la valoración de un cambio de la función tetra dimensional antes mencionada se presenta por la existencia de observadores propios diferentes, tal que el observador de **XYZ** no observa lo mismo que el de **XZW** o lo que ve el observador de **XYW**.
La integral es la operación inversa de la derivación, de tal manera que a partir de la tasa de cambio puntual de una función respecto a sus variables, es posible determinar el cambio total producto de la misma, para un intervalo determinado. Para un sistema de información asociado a una variable dependiente de solamente una variable, el área bajo la curva de la función equivale a una integral. Su representación es de la siguiente forma, F(x) = $\iint_{xi}^{xf} f'(x)dx$, evaluada en los extremos, es decir F(x_f) – F(x_i).
En la física se utilizan expresiones que contienen diferentes tipos de integrales, algunas tienen nombres específicos, como las integrales cerradas de línea o de superficie. Estas integrales son empleadas en las ecuaciones de Maxwell, siendo asociadas a la ley de Ampere y a la ley de Gauss. Es importante mencionar, que estas integrales están asociadas a una curva cerrada y a una superficie cerrada. La integral de línea cerrada encierra un área y la de superficie cerrada encierra un volumen, no existiendo una integral triple cerrada, que conformaría un hipervolumen, pues este concepto no es parte de la ciencia tradicional, pues el mundo o universo aceptado es tridimensional espacial.
Una función definida por una integral n dimensional debe contener a lo sumo n diferenciales de integración, por ejemplo, si se tiene una función que es definida a través de una integral tetra dimensional, esta se escribe usando una expresión de la forma F = $\iiint \int f'(x,y,z,w)dx\,dy\,dz\,dw$. Para ilustrar su aplicación suponga que f'=x*y*z*w, su integral respecto a un hipervolumen de información tetra dimensional diferencial dx dy dz dw, da un factor multiplicativo de ½, por miembro del hipervolumen diferencial, de tal forma que F = $x^2y^2z^2w^2$ /2^4 + C, donde primero se realiza la integral interna que es respecto a x, luego respecto a y, posteriormente respecto a z y finalmente respecto a w.
En la teoría electromagnética existe una ecuación que relaciona a dos observables a través de su derivada y a través de una expresión integral, que es la que corresponde a la relación campo eléctrico con el potencial eléctrico, en donde se reinterpreta el concepto derivada a un sistema de información direccional.

Integrales cerradas hiperdimensionales

En el mundo de la ciencia, específicamente en la física las integrales cerradas están presentes en algunas ecuaciones fundamentales. Su significado es importante en la misma, pues define características a las entidades que estudia. Por ejemplo, la ley de Gauss envuelve un hecho de existencia de cargas mediante unidades básicas polarizadas que son responsables de la presencia de un campo eléctrico, mientras que su equivalente magnético indica la no presencia de dichas unidades como responsables de la presencia de un campo magnético, presentándose probablemente solamente la existencia de elementos dipolares.
Las ecuaciones que en la física emplean integrales cerradas están acotadas a un espacio tridimensional, cuyos resultados son claramente entendidos por el observador propio de dicha realidad. Por ejemplo, el caso de la aplicación de la ley de Ampere para alambres muy largos, resulta muy simple de comprender. Su ecuación $\oint \boldsymbol{B} \cdot d\boldsymbol{l} = \mu Ienc$, indica que al realizar la sumatoria de las corrientes que encierra dicha curva de Ampere, se determina la corriente responsable de que se produzca dicho campo magnético en el punto P que está contenido en dicha curva. Para este caso, la curva o trayectoria de Ampere es un círculo, en el espacio 3D ordinario. Pero ¿qué pasa si el cable largo se encuentra en el espacio **XYZW?**, pues el observador propio de **XYZ** no es consciente de la existencia de la cuarta dimensión o **supereje W**, al igual ocurre con el observador propio de **XYW**, que no conoce la existencia del **supereje Z**. Suponga el caso de que el cable tenga su eje paralelo a $\mathbf{e}_r$= ($\mathbf{e}_k$ + $\mathbf{e}_w$)/ √2, de tal forma que el observador de **XYZ** cree que el cable tiene un eje paralelo al **supereje Z**, mientras que el observador de **XYW** va a creer que el eje

del cable es paralelo al **supereje W**. Para ambos observadores, según su realidad y verdad aceptada, ambas suposiciones son correctas en su realidad, pues la otra componente es desconocida.
Si se aplica la ecuación de Ampere para determinar el campo eléctrico en un punto P, definido por **r** =(x, y, z, w), se presenta una problemática de interpretación, pues ambos van a medir una corriente que es la que pasa por el cable, que si es muy delgado, será una corriente fibrilar, de tal forma que como se miden en puntos de paso de corriente, su instrumento debería medirla. De tal manera, que empleando lo indicado en la ley de Ampere $B = \mu_o I/(2\pi r)$, para ambos. Sin embargo, para el observador de **XYZ** su $r = (x^2 + y^2 + z^2)^{0.5}$, mientras que para el observador de **XYW** su $r = (x^2 + y^2 + w^2)^{0.5}$, que para el caso en estudio da el mismo valor. Pero que sucede para el observador propio de **XYZW**, pues su $r = (x^2 + y^2 + z^2 + w^2)^{0.5}$, de tal manera, que la misma corriente generará un disturbio diferente al presenciado por los otros dos observadores. Además existe otro problema en la interpretación de esta integral cerrada, en el espacio **XZW** o bien en el espacio **YZW**, pues su valor de r podría ser totalmente diferente dependiendo de la métrica en su realidad. Al igual podría suceder que el valor de la corriente medida por cada uno de estos observadores sea diferente.
El problema de la corriente medida por los observadores de diferentes universos menores, puede ser analizado asumiendo que el cable tiene algún grosor, por ejemplo un radio R, de manera, que la corriente detectada debe ser calculado empleando su vector densidad de corriente. De tal manera, que $\mathbf{J} = [I^*(\mathbf{e}_k + \mathbf{e}_w)/\sqrt{2}]/(\pi R^2)$, lo cual implica dependencia de ambos superejes, donde se asume para el caso en estudio que la corriente fluye uniformemente en el área transversal del cable y que la métrica es idéntica en su espacio detectable. El vector área para cada observador es diferente, tal que para el observador de **XYZ,** $\mathbf{A}_1 = (\pi R_1^2)\,\mathbf{e}_k$, para el observador **XYW,** $\mathbf{A}_2 = (\pi R_2^2)\,\mathbf{e}_w$, para el observador de **XYZW**, $\mathbf{A}_3 = (\pi R_3^2)\,(\mathbf{e}_k + \mathbf{e}_w)/\sqrt{2}$.
Al emplear las definiciones antes mencionadas para el caso en estudio, se puede determinar la corriente encerrada según cada observador propio de cada universo en estudio De manera, que para el observador de **XYZ** $I_1 = I\ (R_1/R)^2/\sqrt{2}$, para el observador de **XYW**, $I_2 = I\ (R_2/R)^2/\sqrt{2}$ y para el observador de **XYZW**, $I_3 = I$.
La determinación del módulo del campo magnético según cada observador propio, estará definido en términos de los antes calculado, tal que para el observador de **XYZ**, $B_1 = \mu o\ I(R_1/R)^2/(2\pi\ R_1\sqrt{2})$, para el observador **XYW**, $B_2 = \mu o\ I\ (R_2/R)^2/(2\pi\ R_2\sqrt{2})$ y finalmente para el observador propio de **XYZW**, su $B_3 = \mu o\ I/(2\pi\ R)$.

Derivación en sistemas cuánticos

El concepto de derivada es muy simple para el caso de funciones continuas donde su definición emula al cálculo de una pendiente sobre una región muy pequeña cercana al punto en estudio. Sin embargo, si el universo de información en estudio solamente admite valores cuánticos, el concepto de derivada debe analizarse con mucho detenimiento. La representación de funciones cuánticas puede realizar mediante líneas horizontales separadas entre sí, generándose unas brechas prohibidas de valores. También puede presentarse el caso, en que dicha cuantificación se realice por capas de valores y que estas capas estén separadas por brechas prohibidas.
Una derivada evalúa el cambio entre estados cercanos, de manera, que mediante aproximaciones se puede determinar un valor medio que valore la tasa de cambio de ese conjunto estados, cuyo tratamiento matemático dependerá del comportamiento monótono o caótico de los valores asociados a esta función cuántica. Se considera un comportamiento monótono, cuando el conjunto de valores de la función cuántica tiende a un patrón al menos por regiones de evaluación. Se considera que un comportamiento de una función cuántica es caótico cuando no se encuentra ningún patrón debido a que un pequeño cambio

en las condiciones genera un valor prácticamente impredecible que no guarda coherencia con el grupo de valores cercanos.

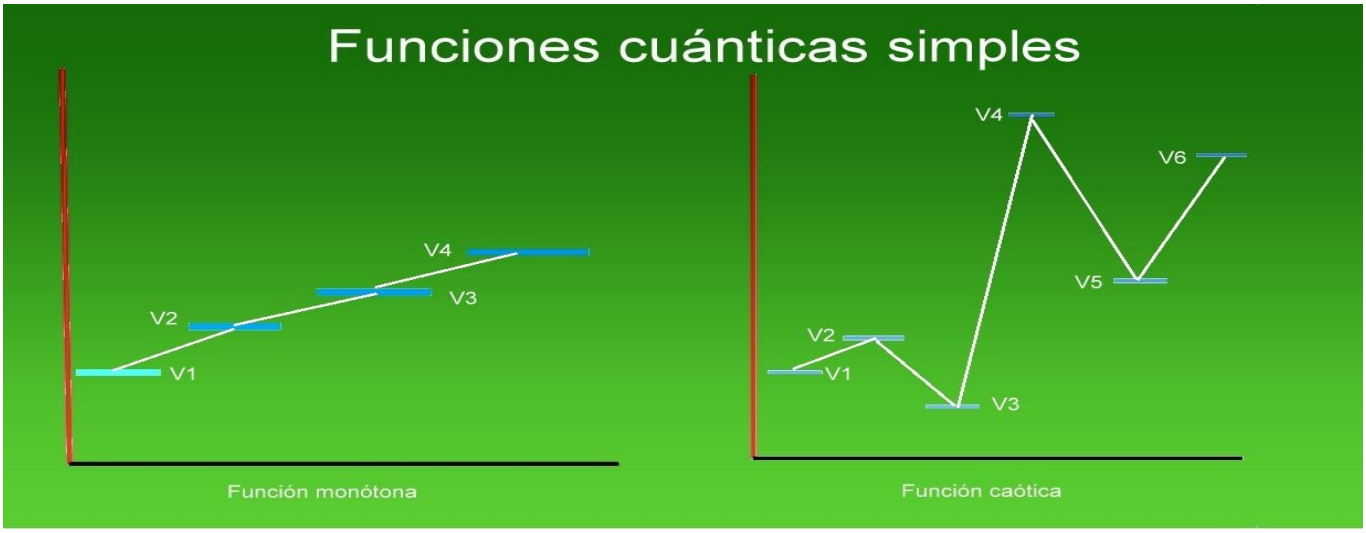

Ilustración 134 Funciones cuánticas simples

En la ilustración se muestra a dos funciones cuánticas simples de comportamiento diferentes, en ambos casos los valores de la variable están cuantizados, no permiten valores intermedios, por ello se representan como una línea horizontal para todo el intervalo de la variable independiente en análisis. No obstante de ser un comportamiento cuántico, en la figura de la izquierda se muestra un comportamiento monótono creciente, mientras que en la figura de la derecha el comportamiento es muy variado, por lo cual se le considera caótico.

El tipo de función cuántica de la ilustración anterior, se considera simple pues el valor asociado a la coordenada vertical, es un valor único, a pesar de que respecto al eje horizontal, se indica un intervalo de validez de su valor asociado. Este tipo de comportamiento es característico de los objetos, por ejemplo, el color de un objeto por lo general es un ámbito de colores, todo objeto tiene un tamaño y la cualidad en estudio está asociada a todo el espacio ocupado por el objeto y no al centro del objeto.

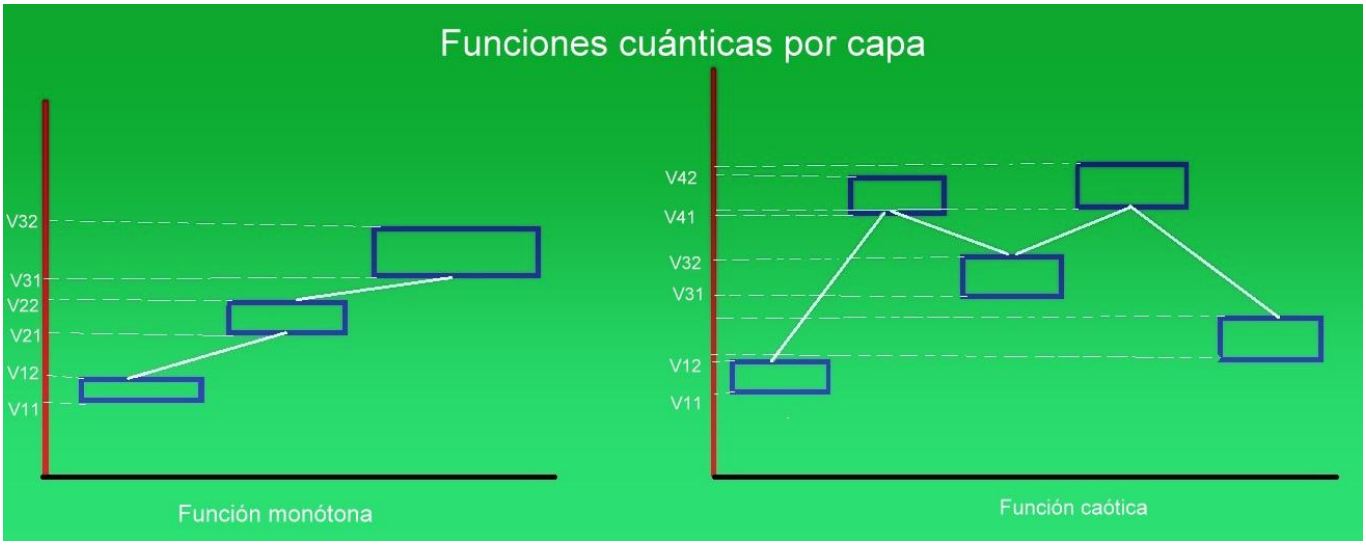

Ilustración 135 Funciones cuánticas por capa

La tasa de cambio para funciones simples monótonas se puede calcular mediante el promedio de las dos pendientes que encierran al dato de información en estudio. Para el caso de una función cuántica caótica podría emplearse la razón del ancho entre el largo, del rectángulo que encierra a los datos cercanos al que se encuentra en estudio. De tal manera, que si el ancho es mucho más pequeño que el largo del rectángulo que encierra los valores en estudio, su tasa de cambio promedio tiende a cero.

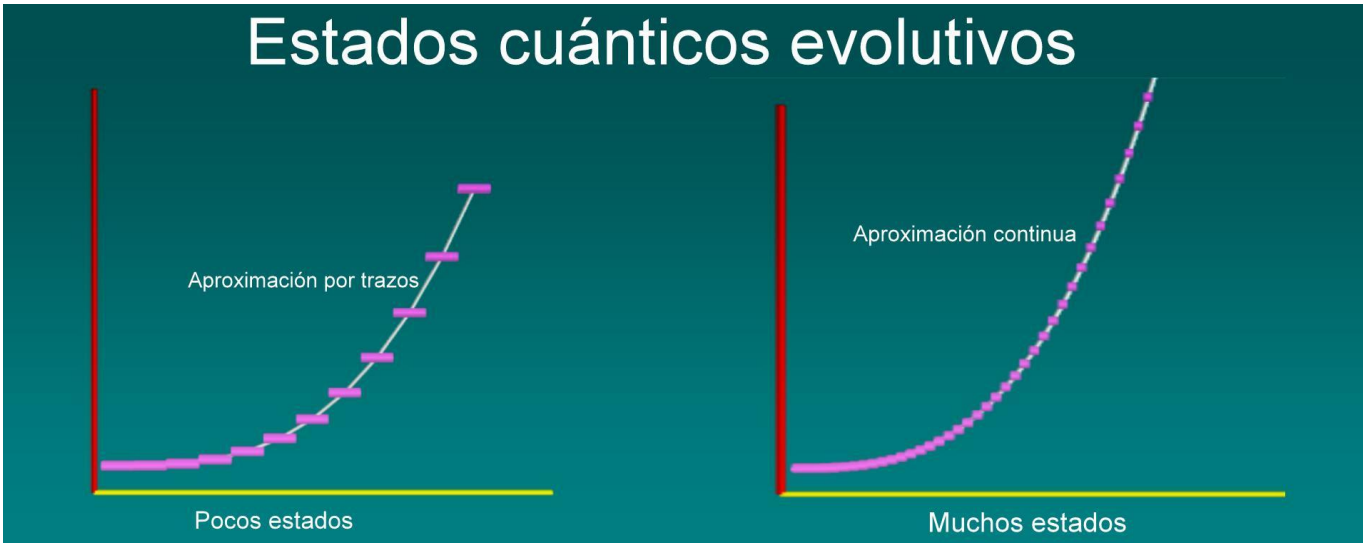

Ilustración 136 Aproximación para estados cuánticos

Si la función es monótona y la cantidad de datos de los estados de información del sistema es mucha o evoca a muchos eventos, la función cuántica emula a una función ordinaria, por lo cual puede ser aproximada a una función continua y a partir de ella obtener un valor representativo de tasa de cambio de los valores para cierta región pequeña, siendo dicho valor de naturaleza estadística, por lo cual, puede diferir del valor calculado utilizando la pendiente promedio entre el dato anterior y el posterior. En la figura anterior se muestra un caso donde por la cantidad de datos visualizados, la aproximación de una función continua podría ser utilizada.

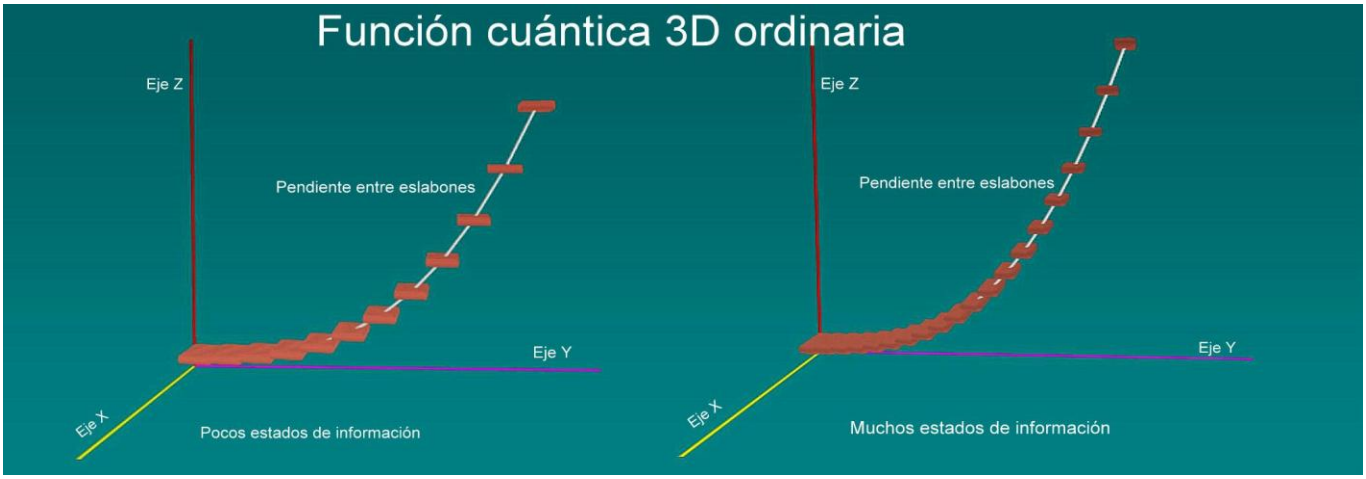

Ilustración 137 Función cuántica 3D ordinaria

En la figura 137 se muestra una cuantificación de los valores del **eje Z**, donde para capa de estados que se ubican en una sección del plano, se le asocia un mismo valor. Si la cantidad de estados es pequeña, se

recomienda utilizar como valor de sensibilidad al cambio de la función el cálculo de la pendiente media que encierra al estado de información en estudio, pero si son muchos los estados de información disponibles, puede emplearse una aproximación de función continua. Observe como en la figura se muestra la presencia de brechas prohibidas entre estados, donde en cada nivel o eslabón se presentan muchos estados o subniveles muy cercanos que emulan una capa, tal y como se presenta en el modelo atómico de capas.

Derivada n dimensional

La derivada como herramienta para la determinación de sensibilidad de una función ante el cambio cerca de un punto o región de observación, puede ser aplicada en un universo de información n dimensional. Esta debe indicar la variación normal asociada a los posibles cambios que posea la función al comparar sus valores ante datos cercanos generados por ella.

Si una función emplea varias variables, posee una sensibilidad asociada al cambio de los valores respecto a cada una de las variables y también una sensibilidad asociada al cambio global al alterar los valores de todas sus variables. Por ello, se hace necesario diferenciar el tipo de sensibilidad a determinar para definir el concepto de derivada asociada a estas funciones. Por ejemplo, si se tiene una función f = f(x_1, x_2, x_3, …, x_n), cada una de las x_i al variar su valor puede alterar el valor que predice su función, donde la derivada además indica la tendencia que tiene el cambio de esa función al variar solo la variable en estudio manteniendo las otras constantes. Esto equivale a una derivada parcial, que solamente engloba la información de la sensibilidad ante el cambio de valor de una variable. Por lo tanto, se define la derivada parcial como df/dx_i = $lim_{\Delta xi \to 0}\left(\frac{f\left(xi+\frac{\Delta xi}{2}\right)-f\left(xi-\frac{\Delta xi}{2}\right)}{\Delta xi}\right)$, la cual valora la sensibilidad de la función ante un cambio en el valor de x_i.

La derivada global de una función que es expresada mediante varias variables, debe guardar la información de la sensibilidad del todo, sin perder la información de la sensibilidad de cada una de sus variables. Esta derivada es mencionada en la literatura como el gradiente de una función multivariable. Donde el **gradiente de una función** F = f(x_1, x_2, x_3, …, x_n), es dado por $\overrightarrow{\nabla f} = \left\langle \sum \frac{\partial f}{\partial xi} \boldsymbol{ei} \right\rangle$, lo cual guarda la información de sensibilidad de cambio de la función respecto a cada una de las variables. Observe que la expresión muestra un análisis de sensibilidad direccional.

Para ilustrar la aplicación de lo mencionado en el párrafo anterior, suponga que se tiene una función F que depende de cuatro variables, tal que si F(x,y,z,w) = $3*x^3*y^4*z^5/w^2$, su derivada respecto a "x" da $f'_x = 9*x^2*y^4*z^5/w^2$, su derivada respecto a "y" da $f'_y = 12*x^3*y^3*z^5/w^2$, su derivada respecto a "z" da $f'_z = 15*x^3*y^4*z^4/w^2$ y finalmente su derivada respecto a "w" da $f'_w = -6x^3*y^4*z^5/w^3$, de manera que su gradiente da $\nabla f = (9*x^2*y^4*z^5/w^2, 12*x^3*y^3*z^5/w^2, 15*x^3*y^4*z^4/w^2, -6x^3*y^4*z^5/w^3)$.

En ocasiones se desea conocer el grado de sensibilidad de una función multivariable en dirección definida por dos estados de información, para ello se puede emplear la **derivada direccional**, que se calcula mediante la ecuación: $D_u f = \overrightarrow{\nabla f} \bullet \mathbf{e}_u$, evaluado en el punto o estado de información deseado. Donde $\mathbf{e}_u$ es el vector unitario que contempla a los dos estados de información antes mencionados.

Para mostrar el procedimiento a seguir para determinar la derivada direccional de una función, suponga que se tiene la función antes mencionada, y se desea evaluar su derivada direccional vista según los puntos (1,1,3,1) y (2,1,1,3), evaluada en (1,2,1,2). Primeramente, se debe calcular el valor del gradiente en el punto en estudio $\nabla f(1,2,1,2)$ = (36, 24, 60, -12). Luego se calcula el vector unitario que guarde la dirección entre los puntos antes mencionados **u** = (1,0,-2,2), de manera $\mathbf{e}_u$ = (1/3, 0, -2/3, 2/3). Posteriormente se realiza el producto escalar entre el gradiente y el vector unitario calculado

$\nabla f(1,2,1,2)\bullet \mathbf{e}_u$ = 12 +0 -40 -8 = - 36. Por lo tanto la deriva direccional, evaluada en el punto (1,2,1,2) en la dirección que indican el vector definido por las posiciones (1, 1, 3, 1) y (2, 1, 1, 3) da - 36.

Derivación de funciones hipercomplejas

Las funciones hipercomplejas, son funciones dirigidas a múltiples espacios independientes, asociadas a realidades diferentes, por lo cual deben ser interpretadas de forma especial. A cada realidad se le asocia una parte de la función que debe corresponder tanto a parte real del espacio permitido a dicha realidad como su ordenador de eventos que es identificado mediante una expresión compleja que etiqueta eventos o información de dicho espacio en un ordenamiento de los mismos para su respectiva comprensión. De tal manera, que su variabilidad debe ser analizada por espacios permitidos de convivencia de información en torno de su ordenador de eventos.

Una derivada es una medida de la tasa de cambio que tiene una función en su espacio permitido de valores según su ordenador de información, por lo cual, es muy simple imaginarse como debe ser aplicada una derivada a una función hipercompleja. Para calcular una derivada a una función hipercompleja, se debe realizar un encadenamiento de derivadas en sus respectivos espacios respecto a las coordenadas asociadas al ordenador de información, por lo que una derivada de una función hipercompleja de nivel n, da otra expresión hipercompleja de nivel n, lo cual obliga a dar una interpretación especial al concepto de derivada. Además, debe tenerse cuidado con la definición del ordenador de función que se emplee, pues puede ser un ordenador simple, similar al tiempo en las funciones de cinemática, o ser un ordenador más complejo como los que menciona el modelo basado en los eventos.

Si se tiene una función hipercompleja con ordenadores de eventos simples, su estructura estará definida por F = f(($\mathbb{C}$n-1, $\mathbb{C}$n-1)), lo cual implica que la función F está definida en un espacio de los números hipercomplejos de nivel n, los cuales pueden ser descritos en recurrencia hacia números hipercomplejos menores, hasta llegar a quedar totalmente definida, por números o expresiones hipercomplejas de nivel 1, es decir en términos de $\mathbb{C}1$. Es respecto a estas menores es que es aplicada la derivada y no directamente a estructuras de orden mayor.

Para iniciar el estudio de la aplicación del concepto de derivada a funciones hipercomplejas, es recomendable partir de una expresión conocida que involucre expresiones de $\mathbb{C}1$, por ejemplo $F = F(Z) = Z$, con $Z = x + iy$. La aplicación de la derivada se debe realizar en cadena es decir, dF/d*y* = (dF/dZ)*(dZ/dx)*(dx/d*y*)= (dF/dZ)*(dZ/d*y*), donde *y* es el ordenador de eventos o de evolución de la información. Por lo tanto, lo que la derivada debe medir es la sensibilidad al cambio de F al evolucionar la información según su ordenador de apilamiento de información, donde dZ/d*y* mide la sensibilidad de cambio de los elementos que definen a Z. De tal manera, que la sensibilidad de cambio de F al evolucionar *y* para el caso en estudio es determinada por dF/d*y* = d*x*/d*y*. En otras palabras, que la sensibilidad o capacidad de variar su valor está definido por la relación entre *x* e *y*. Además observe, que la *i* en Z, es simplemente un indicador que separa al ordenador de eventos del valor complementario de Z. Sin embargo, durante el cálculo de expresiones $i = \sqrt{(-1)}$. En esencia una derivada hipercompleja es casi igual a una derivada ordinaria, pero a la cual se le asigna una propiedad o restricción extra.

El significado de d*x*/d*y* en Z no debe ser asociado a una equivalencia de d*x*/d*t*, pues d*y* es un ordenador de comportamiento de información, que es necesario para el modelo basado en los eventos, pues si *x* es una coordenada que emula posición del espacio, *y* es el ordenador de ese evento en esa posición, d*x*/d*y* indica que tan dinámico es el espacio en esa región durante la realización de dicho evento. Observe, que a diferencia del espacio ordinario que normalmente se aplica en la matemática tradicional, para el modelo basado en los eventos, la matemática hiperdimensional, permite que el espacio se curve, se alargue y hasta desaparezca, por ello se necesita una expresión que indique que tan dinámico es el espacio de información en el cual ocurren los eventos, durante su creación entre desdoblamiento y desdoblamiento,

cumpliendo con un perpetúo big bang. Esta dinámica es lo que permitiría la posibilidad de realidades que avanzan según lo considerado normal, hacia delante, pero también permitiría la posible existencia de realidades cíclicas, pendulares e inversas con diferentes tipos de métricas.

Para continuar con la ponencia de aplicación de derivadas a funciones hipercomplejas, suponga que $F = F(Z) = e^{-Z}$, donde $Z = x + iy$. Al aplicar la definición en cadena antes mencionada, se obtendrá que $dF/dZ = -e^{-Z} = -F$, luego $dZ/dy = dx/dy$, por lo tanto $dF/dy = -F*dx/dy = -e^{-Z}\, dx/dy$.

Suponga ahora que $F = F(Z) = Z^2$, donde $Z = x + iy$, al aplicar la derivada en cada se tendría que $dF/dZ = 2Z$ y $dZ/dy = dx/dy$, por lo tanto $dF/dy = 2Z*dx/dy$.

Ahora suponga que $F(Z) = Z^2$, donde $Z = \{x_1,x_2\}+ iy$, donde x_1 y x_2 representan valores de coordenadas independientes de un espacio ey su ordenador. Para este caso, dF/dy, definirá dos valores salientes, uno sobre la variabilidad o sensibilidad respecto a x_1 y otro sobre la sensibilidad respecto a x_2, siendo de la forma $dF/dy = \{dF_{x1}/dy, dF_{x2}/dy\}$, donde $dF_{x1}/dy =(dF_{x1}/dZ_{x1})*(dZ_{x1}/dx_1)*(dx_1/dy)= (dF_{x1}/dZ_{x1})*(dZ_{x1}/dy)$ y $dF_{x2}/dy =(dF_{x2}/dZ_{x2})*(dZ_{x2}/dx_2)*(dx_2/dy)= (dF_{x2}/dZ_{x2})*(dZ_{x2}/dy)$, con $dZ_{x1}/dy =dx_1/dy$ y $dZ_{x2}/dy =dx_2/dy$.

La expresión de $Z = \{x_1, x_2\}+ i\, y$ en un lenguaje ordinario sería de la forma $\mathbf{r} = x_1(t)\mathbf{e}_1 + x_2(t)\mathbf{e}_2$, donde y es su ordenador equivalente al tiempo para definir esas posiciones, lo cual es asociado a la descripción de eventos en un plano. De igual manera se puede extender a un hiperespacio tetra dimensional espacial, con un ordenador que depende de dos entradas de información, tal que $Z = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}+ i\, \{y_1, y_2\}$. Este tipo de expresión es vital para el modelo basado en los eventos, pues la nomenclatura mediante las cuales se puede representar la evolución de varias realidades alternativas, que en algunas circunstancias se pueden proyectar sobre una superior o inducir a un fenómeno de burbujeo hiperdimensional; siendo esto una aplicación directa a la explicación de los portales y espejos hiperdimensionales que menciona el modelo basado en los eventos.

Para la determinación de una derivada hiperdimensional donde Z evoca a ordenadores complejos y muchas dimensiones, se debe tener el cuidado, de que la derivada de una expresión hipercompleja de nivel n, debe dar por resultado una expresión hipercompleja del mismo nivel, es decir, una relación clausura acotada a la realidad permitida para su existencia. Por ejemplo si $Z = \{x_1, x_2, x_3, x_4\}+ i\, \{y_1, y_2\}$, y $F = F(Z)$, $dF/dz= \{dF/dy_1, dF/dy_2\}$, donde $dF/dy_1= \{dF/dx_1*dx_1/dy_1, dF/dx_2*dx_2/dy_1, dF/dx_3*dx_3/dy_1, dF/dx_4*dx_4/dy_1\}$, donde $dF/dx_i= dF/dZ*dZ/dx_i$. Un proceso similar se debe realizar para determinar la derivada de F respecto a y_2, estando definida por $dF/dy_2 = \{dF/dx_1*dx_1/dy_2, dF/dx_2*dx_2/dy_2, dF/dx_3*dx_3/dy_2, dF/dx_4*dx_4/dy_2\}$, con $dF/dx_i= (dF/dZ)*dZ/dx_i$, pero $dZ/dx_i = 1$.

Generalizando el concepto de derivada hiperdimensional, si se tiene una función $F = F(Z)$ con $Z = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\} + \{y_1, y_2, \ldots, y_m\}$, su derivada hipercompleja está definida por $dF/dz = \{dF/dy_1, dF/dy_2, \ldots, dF/dy_m\}$, donde $dF/dy_1 = \{(dF/dZ)*dx_1/dy_1, dF/dZ)*dx_2/dy_1, \ldots, dF/dZ)*dx_n/dy_1\}$, $dF/dy_2 = \{(dF/dZ)*dx_1/dy_2, dF/dZ)*dx_2/dy_2, \ldots, dF/dZ)*dx_n/dy_2\}$, generalizando se tiene la expresión $dF/dy_i = \{(dF/dZ)*dx_1/dy_i, dF/dZ)*dx_2/dy_i, \ldots, dF/dZ)*dx_n/dy_i\}$.

Recuerde que el resultado de una derivada de una función hiperdimensional debe estar etiqueta tanto al espacio permitido como a su ordenador de eventos, lo cual indica que la derivada dará un resultado etiquetado a $i\{y_1, y_2, ...\}$.

Derivadas de funciones hipercomplejas entrelazadas

Las funciones hipercomplejas poseen en sus argumentos estructuras de información hipercomplejas de nivel n, dentro de las cuales se puede presentar un entrelazamiento de dichas estructuras, lo cual queda mostrado con la utilización repetitiva de variables en varias de las expresiones hipercomplejas. El entrelazamiento puede realizarse en las partes reales o bien las partes imaginarias de las expresiones antes

mencionadas. Esto equivale a una convivencia de eventos ya sea en espacio o bien respecto a la función ordenadora de eventos.

La derivada como instrumento de medición de tasa de cambio de la sensibilidad del cambio ante de la transición de un estado a otro estado cercano, debe representar la variación en el espacio de información respectivo. Por tal razón, la derivada de una función hipercompleja debe generar una expresión hipercompleja del mismo nivel, quedando etiquetada la información hacia su realidad permitida para su existencia.

Si una función hipercompleja entrelazada posee diferentes ejes independientes para ordenar eventos en sus espacios de información respectivos, el cálculo de su derivada hipercompleja es dada por la expresión $dF/dy_i = \{(dF/dZ)*dx_1/dy_i,\ dF/dZ)*dx_2/dy_i,\ \ldots,\ dF/dZ)*dx_n/dy_i\}$, donde existirá la posibilidad de que varios x_i estén entrelazados o bien varios y_i estén entrelazados o una combinatoria de ambos. Dicha expresión debe ser etiquetada con el ordenador de eventos correspondiente.

Para iniciar el estudio del comportamiento de la derivada de funciones hipercomplejas entrelazadas, suponga que se tiene un caso muy simple de la familia $\mathbb{C}2$, tal que $F = F(Z)$, con $Z = ((\{x_1\} + i\ y_1),\ (\{x_1\} + i\ y_2))$. Para determinar su derivada hipercompleja, se emplea las ecuaciones antes mencionadas, tal que $dF/dz = (dF/dZ)*\{(dx_1/dy_1), (dx_1/dy_2)\}$. Recuerde que el cambio debe estar asociado al espacio en que se presenta el mismo y al ordenador de eventos involucrado.

Como segundo ejemplo, suponga que se tiene una función hipercompleja entrelazada $F = F(Z)$, con $Z = (((x_{11} + i\ y_{11}), (x_{12} + j\ y_{12})), ((x_{11} + i\ y_{21}), (x_{11} + j\ y_{22})))$, en la cual claramente se denota que identifica eventos en dos espacios de información de realidades diferentes, a través de sus ordenadores de eventos. Esta función es de características especiales, pues envuelve a un valor x_{11} en todos sus términos, pero con ordenadores diferentes. En ese espacio de información de x_{11} aparenta ocurrir eventos complejos asociados a cuatro ordenadores de eventos, lo cual implicaría la posibilidad de muchos eventos en esas realidades. Su derivada es dada por la ecuación base para cada uno de sus ordenadores, de manera que $dF/dz = (dF/dZ)*\{dx_{11}/dy_{11}, dx_{12}/dy_{12}, dx_{11}/dy_{21}, dx_{11}/dy_{22}\}$. Recuerde que las variaciones solamente deben reflejarse en su espacio de información correspondiente, lo cual reproduce nuevamente una expresión hipercompleja de nivel 3. De manera que si $F(Z) = Z^2$, su derivada está dada por la expresión $dF/dz = 2*(((x_{11} + i\ y_{11})*dx_{11}/dy_{11}, (x_{12} + j\ y_{12})*dx_{12}/dy_{12}), ((x_{11} + i\ y_{21})*dx_{11}/dy_{21}, (x_{11} + j\ y_{22})*dx_{11}/dy_{22}))$.

Es importante que la derivada total hipercompleja se realiza respecto a "z", para indicar que dicha derivada mide los cambios respecto a todas las funciones ordenadoras de eventos.

La derivada de una función hipercompleja entrelazada de nivel 4, emula un espacio complejo, conformado por tres espacios ordinarios de información y tres ordenadores de eventos que son representados como dimensiones especiales. Suponga que se tiene una función $F = F(Z)$, tal que

$Z = ((((x_{111} + i\ y_{111}), (x_{112} + j\ y_{112})), ((x_{111} + i'\ y_{121}), (x_{122} + j\ y_{122}))), (((x_{111} + i\ y_{111}), (x_{212} + j\ y_{212})), ((x_{111} + i'\ y_{221}), (x_{111} + j'\ y_{222}))))$, la cual está entrelazada por las variables x_{111} e y_{111}. Su derivada hipercompleja está definida por $dF/dz = (dF/dZ)*\{dx_{111}/dy_{111}, dx_{112}/dy_{112}, dx_{111}/dy_{121}, dx_{122}/dy_{122}, dx_{111}/dy_{122}, dx_{212}/dy_{212}, dx_{111}/dy_{221}, dx_{111}/dy_{222}\}$, donde la variación o sensibilidad debe quedar patente en su espacio de información permitido, de manera que cada cambio es asociado a la realidad correspondiente. Por ejemplo si $F(Z) = Z^2$, $dF/dz= 2*Z*\{ dx_{111}/dy_{111}, dx_{112}/dy_{112}, dx_{111}/dy_{121}, dx_{122}/dy_{122}, dx_{111}/dy_{122}, dx_{212}/dy_{212}, dx_{111}/dy_{221}, dx_{111}/dy_{222}\}$, por lo tanto:

$dF/dz = 2*((((x_{111} + i\ y_{111})*dx_{111}/dy_{111}, (x_{112} + j\ y_{112})*dx_{112}/dy_{112}), ((x_{111} + i'\ y_{121})*dx_{111}/dy_{121}, (x_{122} + j\ y_{122})*dx_{122}/dy_{122})), (((x_{111} + i\ y_{111})*dx_{111}/dy_{111}, (x_{212} + j\ y_{212})*dx_{212}/dy_{212}), ((x_{111} + i'\ y_{221})*dx_{111}/dy_{221}, (x_{111} + j'\ y_{222})*dx_{111}/dy_{222})))$.

De los ejemplos anteriores, se tiene que la derivada total hipercompleja, da por resultado una función hipercompleja del mismo nivel que la original, donde los cambios solamente se aplican al espacio de información correspondiente.

Para finalizar esta sección suponga una función hipercompleja superior entrelazada de nivel 3, con un espacio de información con más de una dimensión, tal que se tenga una función F = F(Z), con Z = ((({x_{111},x_{112}, x_{113}}+i {y_{111}, y_{112}}), ({x_{121}, x_{122} }+ j {y_{121}, y_{122}})), (({x_{211}, x_{212}, x_{213} }+ i {y_{211}, y_{212} }), ({x_{111}, x_{222}, x_{223}} + j { y_{221},y_{222} }))). Su derivada total hipercompleja dF/dz = (dF/dZ)*{(dx_{111}/dy_{111}, dx_{111}/dy_{112}), (dx_{112}/dy_{111}, dx_{112}/dy_{112}), (dx_{113}/dy_{111}, dx_{113}/dy_{112}), (dx_{121}/dy_{121}, dx_{121}/dy_{122}), (dx_{122}/dy_{121}, dx_{122}/dy_{122}), (dx_{211}/dy_{211}, dx_{211}/dy_{212}), (dx_{212}/dy_{211}, dx_{212}/dy_{212}), (dx_{213}/dy_{211}, dx_{213}/dy_{212}), (dx_{111}/dy_{212}, dx_{111}/dy_{222}), (dx_{222}/dy_{212}, dx_{222}/dy_{222}), (dx_{223}/dy_{212}, dx_{223}/dy_{222})}. Donde los cambios solamente pueden interactuar en su espacio de información permitido. Algunos términos han sido encerrados entre paréntesis con el objetivo de indicar que es una medición de sensibilidad asociada a espacios comunes.

Integración en sistemas cuánticos

El proceso de integración consiste en la acumulación por adición de información sobre un sistema. Si la información son áreas, la integración es un proceso de cálculo a partir de una función que define áreas menores, que al sumarse dan el área total. Si la aportación es muy pequeña, con características de un continuo se puede utilizar para determinar la aportación total del conjunto de áreas muy pequeñas, la operación matemática denominada integral. Para realizar dicho cálculo se debe definir los valores del ordenador que ubicada la información de cada una de esas pequeñas áreas. Si lo que se analiza es un volumen, el proceso a realizar para calcular el volumen total, necesita de un ordenador que le defina a la operación de cual valor del ordenador se parte hasta cual valor final se debe utilizar. El ordenador puede ser complejo, pues se pueden tener diferentes tipos de barridos. Por ejemplo, si se tiene un espacio 3D ordinario, para el cálculo del volumen se puede barrer tanto respecto al **eje X**, como respecto al **eje Y** y/o al **eje Z**, donde un elemento de información llamado integrando indica cómo se debe valorar los valores de esa rejilla tridimensional para determinar el volumen deseado.

En los sistemas de información cuánticos se tiene la particularidad de la existencia de brechas prohibidas, lo cual genera discontinuidad en el aporte total del cálculo de un valor determinado, bajo dichas condiciones. Estas brechas prohibidas o zonas no permitidas para la existencia de eventos de información pueden ser ordenadas como en un modelo capas o pueden estar distribuidas azarosamente. Dependiendo de cómo se distribuyan estas zonas permitidas de existencia para la cualidad en estudio dentro de la realidad en estudio, así variará el método aplicar para realizar ese proceso suma o adición de información.

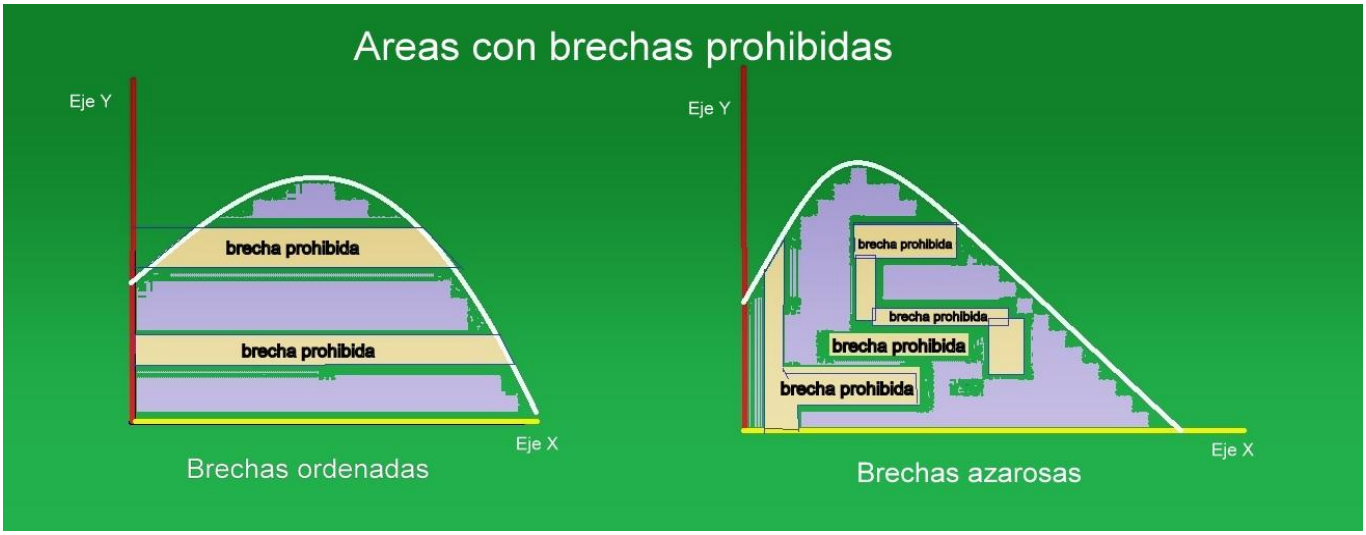

Ilustración 138 Áreas con brechas prohibidas

Para el modelo basado en los eventos, en donde se propone la existencia de multiversos, cada uno de ellos con varios universos y en cada universo la posible existencia de diferentes realidades alternativas, el concepto de brecha prohibida de existencia de eventos o de presentación de una cualidad de ente se vuelve fundamental. Algunas zonas estarán prohibidas para algunas realidades, algunas cualidades serán prohibidas de mostrarse en algunas zonas e inclusive su efecto ante su realidad puede depender de condiciones muy puntuales o por capas de evolución de estados. Esto evoca a que los observadores medirán un efecto integrador que puede ser diferente para cada uno de ellos.
Cuando existen brechas prohibidas no difusas en la región de estudio, el efecto neto o área real puede aproximarse mediante el cálculo del área total definida por la función sin contemplar esas restricciones y se le resta el área asociada a las prohibiciones o restricciones. Si existen brechas prohibidas difusas, deberá realizarse un análisis por subregiones y modelar el comportamiento difuso de áreas permitidas y de las áreas prohibidas y se obtendrá un resultado final compuesto por gráficas de pertenencia para cada solución probable. Si la distribución de áreas de estados permitidos y prohibidos evoca a eventos definidos por probabilidades estadísticas, debe generarse un modelo estadístico para las sumas de las mismas, obteniéndose como resultado una distribución estadísticas de resultados probables.
Si la función de estados que describen a las áreas, contempla a un universo n dimensional, el resultado final podrá ser definido mediante un hipercubo de información, cuyo contenido mostrará la naturaleza de la información involucrada, especialmente para aquellos casos en que la información proponga la existencia de múltiples realidades.

Integración de funciones hipercomplejas

El modelo basado en los eventos propone la existencia de multiversos, que pueden contener una diversidad de universos, con hiperespacios de información acotados a los observadores propios de cada uno de ellos, lo cual implica que la información de los eventos en cada uno de ellos puede no ser compartida por varios o todos los observadores de las diferentes realidades que pueden coexistir en cada uno de esos universos.
El concepto de integral de una función como la primitiva de la cual proviene la misma, puede emplearse para el tratamiento del integrando expresado por funciones hipercomplejas. De tal manera, que como ya se mencionó anteriormente ¿cómo se determina una derivada hipercompleja?, se debe realizar el proceso inverso. Recuerde que si se tiene una función F = F(Z), su derivada hipercompleja se define como $dF/dz = (dF/dZ)*\{(dx_1/dy_1, dx_1/dy_2, \ldots, dx_1/dy_m), (dx_{1'}/dy_{1'}, dx_{2'}/dy_{2'}, \ldots, dx_{2'}/dy_{m'}), \ldots, (dx_{n''}/dy_{1''}, dx_{n''}/dy_{2''}, \ldots, dx_{n''}/dy_{m''}), \ldots)\}$, se puede recuperar la función primitiva haciendo una lectura inversa del concepto de derivada hiperdimensional, teniendo en cuenta que la sensibilidad ante el cambio solamente debe actuar en el espacio de información permitido.
Para ilustrar el proceso de determinación de una primitiva a partir de su integrando, suponga que $dF(Z)/dz= 2Z *\{ dx_1/dy_1, dx_2/dy_2\}$, con $Z = ((x_1 + iy_1), (x_2 + iy_2))$, implica que $F(Z) = Z^2 = ((x_1 + i\, y_1), (x_2 + i\, y_2))^2$. De tal forma que se puede indicar que si $dF(Z)/dz= mZ^{m-1} *\{ dx_1/dy_1, dx_2/dy_2\}$, con $((x_1 + i\, y_1), (x_2 + i\, y_2))$, la función primitiva será $F(Z) = Z^m$, con $Z = ((x_1 + i\, y_1), (x_2 + iy_2))$.
Como segundo ejemplo, se analizará el caso de una función exponencial, pues este tipo comportamiento está asociado a las soluciones de ecuaciones de onda. Suponga que $dF/dz = - e^{-Z}\, dx/dy$, con $Z = x + iy$, la primitiva será $F(Z) = e^{-z}$, con $Z = x + iy$. Si se extiende esta función a números hipercomplejos de nivel 2, con $dF/dz = -e^{-z}\{dx_1/dy_1, dx_2/dy_2\}$, la función primitiva F(Z) será $F(Z) = e^{-z}$, con $Z= ((x_1 + iy_1), (x_2 + iy_2))$.
Otro tipo de ejemplo que puede ser útil para que el lector comprenda el uso de las integrales en funciones hipercomplejas, es la utilización de un espacio n dimensional con ordenadores m dimensionales, por ejemplo $dF/dz = 2Z*\{(dx_1/dy_1, dx_2/d_{y1}, dx_3/dy_1), (dx_2/dy_2, dx_2/dy_2, dx_3/dy_2)$, para $Z = (\{x_1, x_2, x_3\} + i\{y_1,$

y_2}), lo cual corresponde a un espacio tridimensional con un ordenador bidimensional, cuya solución es F(Z) = Z^2, con Z = ({x_1, x_2, x_3} + i{y_1, y_2}).
Uno de los casos más complicados en la determinación de una primitiva de un función producto de una derivada hipercompleja, escrita en términos de elementos básicos hipercomplejos, es cuando el valor del espacio está escrito paramétricamente, con dependencia de otros valores, por ejemplo si dF/dz = 2Z*{$2x_1dx_1/dy_1$, $3x_2^2dx_2/dy_2$}, es obvio que Z = ({ x_1^2 , x_2^3} + i {y_1, y_2}). Por lo tanto la función primitiva es F(Z) = Z^2, con Z= ({ x_1^2 , x_2^3} + i {y_1, y_2}).

Integración de funciones hipercomplejas entrelazadas

La definición de funciones en base a elementos básicos hipercomplejos o bien en término de números hipercomplejos, puede ser entrelazada, generando descripciones posibles de evoluciones de los entes conviven en sus realidades permitidas.
Uno de los casos más simples de entrelazamiento en una función lineal es el definido por f'(Z) = constante, donde Z = (x_1 + i y_1), tal que dx_1/dy_1 = constante 2 = k_2. Su primitiva será F(Z) = k*Z, con Z = (k_2*y_1 + i y_1), es decir, que x_1 es linealmente dependiente de y_1, de manera que al aumentar y_1 aumenta $x1$.
Para el siguiente ejemplo, se toma una función hipercompleja de nivel 3, cuya derivada hipercompleja está definida por f'(Z) = 2*((((x_{11} +iy_{11})*dx_{11}/dy_{11}, (x_{12} + jy_{12})*dx_{12}/dy_{12}), ((x_{11} + iy_{21})*dx_{11}/dy_{21}, (x_{11} + jy_{22})*dx_{11}/dy_{22})). Esta función está entrelazada por las variables x_{11}, su argumento principal está definido por Z =(((x_{11} +iy_{11}), (x_{12} + j y_{12})), ((x_{11} + iy_{21}), (x_{11} + jy_{22}))), siendo su primitiva F(Z) = Z^2, que esta entrelazada a través de x_{11}.
Cuando existe una relación entre las variables que se asocian a la posición del evento en su espacio permitido, para la solución de la integral hipercompleja, se hace necesaria la definición de dicha relación. Por ejemplo, si dx_{12}/dy_{12} = 3, significa que x_{12} es linealmente dependiente de y_{12}, por lo tanto si en la expresión se indica 3, es probable que no se tenga la información necesaria para reproducir la primitiva, pues no se reconocerá quién es la variable a la cual se le asocia dicha sensibilidad de cambio.
Suponga que f'(Z) = 2Z*{$2x_1dx_1/dy_1$, $3x_1^2dx_1/dy_2$}, es de esperarse que la definición de Z, podría ser de la forma Z = ({ x_1^2 , x_1^3} + i {y_1, y_2}), su primitiva es F(Z) = Z^2, con la definición antes mencionada para Z, si no se tiene la definición de la misma, la problemática de las constantes evita conocer la verdadera forma de la ecuación de Z y su dependencia en cuanto a entrelazamiento.