

# Cálculo Diferencial e Integral en Varias Variables

Mauro Polenta Mora

## Ejercicio 1

### Consigna

Sean  $g : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  y  $h : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$  definidas como:

- $g(x) = e^x$
  - $h(x) = \sin(x)$
1. Hallar el polinomio de Taylor de orden 2 de  $g$  y  $h$  en  $x = 0$ .
  2. Considere ahora  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida como  $f(x, y) = g(x)h(y)$ . Calcular  $df$  y  $d^2f$  en  $(0, 0)$  y escribir el desarrollo de Taylor de orden 2 de  $f$  en  $(0, 0)$ .

**Observación:**  $T_2f$  en  $(0, 0)$  puede obtenerse multiplicando los polinomios de Taylor de orden 2 de  $g$  y  $h$ , y luego removiendo los términos de orden mayor a 2. Este procedimiento es válido para cualquier orden, para cualquier par de funciones  $g$  y  $h$ , y puede utilizarse para realizar cálculos de manera más eficiente.

## Resolución

### Parte 1

- Hallar el polinomio de Taylor de orden 2 de  $g$  y  $h$  en  $x = 0$ .

Para empezar calculemos las derivadas que vamos a necesitar (tengamos en cuenta que estamos en una función de  $\mathbb{R}$  a  $\mathbb{R}$ ):

- $g_x(x) = e^x \implies g_x(0) = 1$
- $h_x(x) = \cos x \implies h_x(0) = 1$
- $g_{xx}(x) = e^x \implies g_{xx}(0) = 1$
- $h_{xx}(x) = -\sin x \implies h_{xx}(0) = 0$

Recordemos que en este tipo de funciones el diferencial es más simple (llamamos  $k$  al punto donde evaluamos la función):

- $dg_x(k) = e^x k$
- $dh_x(k) = k \cos x$
- $d^2g_x(k) = e^x k^2$
- $d^2h_x(k) = -k \sin x$

## Función $g$

Planteemos el desarrollo de Taylor de orden dos para  $g$ , utilizando los diferenciales que calculamos anteriormente (llamamos  $k$  al incremento en el punto):

$$\begin{aligned} g(0+k) & \\ & \text{=(teorema de Taylor)} \\ g(0) + dg_0(k) + \frac{d^2g_0(k)}{2} + r(k) & \\ & \text{=(sustituyendo por lo que hallamos)} \\ 1 + k + \frac{k^2}{2} + r(k) & \end{aligned}$$

Que corresponde con lo que hallamos usando la definición para funciones de cálculo uno.

## Función $h$

Planteemos el desarrollo de Taylor de orden dos para  $g$ , utilizando los diferenciales que calculamos anteriormente (llamamos  $k$  al incremento en el punto):

$$\begin{aligned} h(0+k) & \\ & \text{=(teorema de Taylor)} \\ h(0) + dh_0(k) + \frac{d^2h_0(k)}{2} + r(k) & \\ & \text{=(sustituyendo por lo que hallamos)} \\ 0 + k + 0 + r(k) & \\ & \text{=(operatoria)} \\ k + r(k) & \end{aligned}$$

Que también corresponde con lo que hallamos usando la definición para funciones de cálculo uno.

## Parte 2

- Considere ahora  $f : \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}$  definida como  $f(x, y) = g(x)h(y)$ . Calcular  $df$  y  $d^2f$  en  $(0, 0)$  y escribir el desarrollo de Taylor de orden 2 de  $f$  en  $(0, 0)$ .

La estrategia para resolver esta parte será usar la observación indicada en la consigna. Con esta podremos hallar directamente el desarrollo de Taylor de orden dos de  $f$  en  $(0, 0)$ . Luego hallaremos  $df$  y  $d^2f$  en  $(0, 0)$ .

$$\begin{aligned}
& f(0 + \Delta x, 0 + \Delta y) \\
& \quad = (\text{por la observación de la consigna}) \\
& T_2 g(\Delta x) T_2 h(\Delta y) \\
& \quad = (\text{sustituyendo por los desarrollos conocidos}) \\
& \left( 1 + \Delta x + \frac{\Delta x^2}{2} \right) \Delta y \\
& \quad = (\text{operatoria}) \\
& \Delta y + \Delta x \Delta y + r(\Delta x, \Delta y)
\end{aligned}$$

Recordemos que eliminamos el término con orden mayor a dos (recordemos que contamos los órdenes de ambas variables sumados), de igual forma que agregamos el resto también.

Vayamos por otro lado con los diferenciales, tenemos que la función  $f$  está definida por  $f(x, y) = e^x \sin y$ , calculemos las derivadas que necesitamos:

- $f_x(x, y) = e^x \sin y$
- $f_y(x, y) = e^x \cos y$
- $f_{xx}(x, y) = e^x \sin y$
- $f_{xy}(x, y) = e^x \cos y$
- $f_{yy}(x, y) = -e^x \sin y$

Con esto, tenemos que:

- $df_{(0,0)}(\Delta x, \Delta y) = f_x(0, 0)\Delta x + f_y(0, 0)\Delta y = 0 + \Delta y = \Delta y$
- $d^2f_{(0,0)}(\Delta x, \Delta y) = f_{xx}(0, 0)\Delta x^2 + 2f_{xy}(0, 0)\Delta x\Delta y + f_{yy}(0, 0)\Delta y^2 = 0 + 2\Delta x\Delta y + 0 = 2\Delta x\Delta y$

Por completitud, planteemos el teorema de Taylor para verificar que lo que hallamos inicialmente es correcto:

$$\begin{aligned}
& f(0 + \Delta x, 0 + \Delta y) \\
& \quad = (\text{teorema de Taylor}) \\
& f(0, 0) + df_{(0,0)}(\Delta x, \Delta y) + \frac{d^2f_{(0,0)}(\Delta x, \Delta y)}{2} \\
& \quad = (\text{reemplazando por valores conocidos}) \\
& 0 + \Delta y + \frac{2\Delta x\Delta y}{2} \\
& \quad = (\text{operatoria}) \\
& \Delta y + \Delta x\Delta y + r(\Delta x, \Delta y)
\end{aligned}$$

Por lo tanto, el razonamiento que hicimos con la observación es correcto. Esto concluye el ejercicio.