# Demostración de la ecuación del Control PID discreto

Se demuestra la ecuación del control PID discreto:  
  
u = u1 + Kp \* [(e - e1) + (T/Ti)\*e + (Td/T)\*(e - 2e1 + e2)]  
  
donde:  
- u: salida del PID en el instante actual  
- u1: salida del PID en el instante anterior  
- e: error actual  
- e1: error anterior (t-1)  
- e2: error en t-2  
- T: período de muestreo  
- Kp: ganancia proporcional  
- Ti: tiempo integral  
- Td: tiempo derivativo

## 1. Ecuación general del control PID continuo:

u(t) = Kp \* [ e(t) + (1/Ti) \* ∫ e(τ) dτ + Td \* d(e(t))/dt ]

## 2. Forma discreta (PID incremental)

El PID incremental se basa en:  
Δu = u(k) - u(k-1)  
  
Con las siguientes aproximaciones:  
- Derivada:  
 d(e(t))/dt ≈ (e\_k - e\_{k-1}) / T  
- Integral:  
 ∫ e(t) dt ≈ Σ e\_k \* T  
  
La fórmula incremental completa es:  
u\_k = u\_{k-1} + Kp \* [ (e\_k - e\_{k-1}) + (T/Ti)\*e\_k + (Td/T)(e\_k - 2e\_{k-1} + e\_{k-2}) ]  
  
Que corresponde exactamente a la ecuación dada:  
u = u1 + Kp \* [ (e - e1) + (T/Ti)\*e + (Td/T)(e - 2e1 + e2) ]

## Conclusión

La ecuación dada es la forma incremental del PID discreto, donde el control actual  
se basa en el control anterior más una corrección que depende del cambio de error  
(proporcional), del valor actual del error (integral) y de la segunda diferencia del error (derivativo).